RESEARCH REPORTS · CAHIERS DE RECHERCHE

Canadian Transport Commission
Research Branch

Commission canadienne des transports
Direction de la recherche

ECONOMIC RATIONALE FOR COST APPORTIONMENT IN GRADE SEPARATION PROJECTS

No. 1982/05E

Canada

AN ECONOMIC RATIONALE FOR COST APPORTIONMENT IN GRADE SEPARATION PROJECTS

by

John S. Dodgson
Department of Economic and Business Studies,
University of Liverpool, Liverpool, England.

CANADIAN TRANSPORT COMMISSION
Railway Transport Committee
and
Research Branch
Report No. 1982/08E
August 1981

Version française disponible sous le titre
"Analyse économique de la répartition des
coûts dans les projets d'étagement de voies",
rapport n° 1982/08F

First Printing, December 1982

Canadian Transport Commission
15 Eddy St., 15th floor, Ottawa-Hull K1A 0N9

© Minister of Supply and Services Canada 1982
Catalogue Number TT72-1982/08E
ISBN 0-662-12303-4

Printed in Canada

Commission canadienne des transports | Canadian Transport Commission

FOREWORD

The Railway Transport Committee of the Canadian Transport Commission has an extensive mandate for the safe operation of railways in Canada. This mandate includes the reduction of hazards which contribute to accidents at railway highway crossings. Although a grade separation is considered the most costly type of protection, it is the surest form of accident prevention in that the railway and the highway cross at different elevations thereby eliminating conflict between movements on the two rights-of-way.

Federal assistance for grade separation projects is governed by the 1974 Railway Relocation and Crossing Act, with grants provided under the Urban Transportation Assistance Program. Funding for a specific project is based on contributions from the federal government, the provincial government and the railway. The Railway Transport Committee is charged with recommending to the Minister of Transport the basis upon which cost apportionment should be arrived at between the parties.

The Railway Transport Committee is currently re-examining the basis for the allocation of the costs of grade separation projects. In order to assist in this evaluation, the present report was commissioned with Mr. John S. Dodgson of the University of Liverpool in England, who at that time was on secondment to the University of British Columbia. Mr. Dodgson's report examines the benefit principle for cost apportionment, where the costs of any scheme should be shared between the parties in proportion to the benefits received and the cost responsibility principle, where the costs of any scheme should be shared between the parties in proportion to the extent to which they cause these costs.

Mr. Dodgson's study was carried out as an independent project, under the general direction of staff of the Railway Transport Committee and the Research Branch of the Canadian Transport Commission. The views expressed and conclusions reached in this study are, however, those of Mr. Dodgson and do not necessarily reflect the views of the Canadian Transport Commission or its constituent Committees and Branches.

Yves Dubé
Vice-President (Research)

Canada

ACKNOWLEDGEMENTS

The research underlying this report was sponsored by the Railway Transport Committee and the Research Branch of the Canadian Transport Commission. The terms of reference for the study are included in the report as Appendix A. For assistance in writing the report, I am particularly grateful to Messrs. Doug Dunphy, Lindsay Morris, Bill Bell, Henry Heinrichs, Richard Konchak, Cecil Spicer and John Stultz of the Railway Transport Committee of the CTC. I am also grateful to Mr. Guillermo Ruan, formerly of Transport Canada, and Mr. Ewald Gaudes of the University of Waterloo for permission to use the computer program which they developed to analyse grade separation projects, and for advice on its use. I should also like to thank the following individuals and organizations who provided valuable information for the study:

Mr. Alec Herwenek, Ms. Debbie McElrath, Ms. Rosannah Shih; Alberta Transportation

Mr. John Schercinger; Association of American Railroads

Mr. Jim Speirs; Canadian National Railways

Dr. Ram Sahi; Energy Canada

Mr. Doug Wale; Ontario Ministry of Transportation and Communications

Dr. Edwin Farr; Transportation Systems Center, Cambridge, Mass.

Mr. Paul Gutoskie, Mr. J.J. Lawson; Transport Canada

Mr. J.R. Frankham, Lt. Col. A.G. Townsend - Rose; United Kingdom Department of Transport

Ms. Janet Coleman, Mr. Cliff Comu, Mr. Joe Ullman; U.S. Federal Highway Administration

Mr. Bruce George, Ms. Betty Tustin; U.S. Federal Railroad Administration

None of the above-named individuals are responsible for, or necessarily in agreement with, the contents of this report.

CONTENTS

EXECUTIVE SUMMARY 1

Chapter 1 INTRODUCTION 3

Chapter 2 PRINCIPLES FOR COST APPORTIONMENT 7

2.1 Criteria for Cost Apportionment 7
2.1.1 Resource Allocation 7
2.1.2 Fairness 7
2.1.3 Administrative Simplicity 8
2.2 The Benefit Principle and the Cost Apportionment Principle 8
2.3 Capacity and Clearances 9
2.4 Cost Apportionment for Grade Separation Schemes; the Need to Measure Costs and Benefits 13

Chapter 3 BENEFITS OF GRADE SEPARATION SCHEMES 15

3.1 Accidents at Grade Crossings 16
3.1.1 Train-Involved Grade Crossing Accidents 17
3.1.2 Non-Train-Involved Grade Crossing Accidents 20
3.2 Delay to Highway Vehicles 23
3.3 Delay to Trains 25
3.4 Maintenance Cost Savings 28

Chapter 4 PRICE INDICES, DISCOUNT RATE AND PROJECT LIFE 31

4.1 Changes in the Price Level 31
4.2 The Choice of Discount Rate 33
4.3 Length of Project Life 35

Chapter 5 VALUATIONS IN THE ANALYSIS OF THE BENEFITS OF GRADE SEPARATION PROJECTS 37

5.1 Accident Reduction Benefits 37
5.1.1 Introduction 37
5.1.2 Train-Involved Accidents 40
5.1.3 Non-Train-Involved Accidents 46
5.2 Vehicle Delay Reduction Benefits 46
5.2.1 Time Savings 46
5.2.2 Fuel Savings 52
5.2.3 Tire Wear Savings 55

Chapter 6 COST APPORTIONMENT FOR NEW GRADE SEPARATION CONSTRUCTION 57

6.1 Method of Analysis 57
6.2 The Schemes Considered 61
6.3 Analysis of Results 63
6.3.1 Discounted Present Values 63
6.3.2 Types of Benefits 64
6.3.3 Types of Benefits as Proportions of Total Construction Costs 69
6.4 Implications of Alternative Cost Apportionment Principles 74
6.4.1 Cost Apportionment on the Benefit Principle. Who Gains? 74
6.4.2 Cost Apportionment Under the Cost Responsibility Principle. Who Causes the Cost? 75
6.4.3 The Appropriate Principle to Use 77

Chapter 7 COST APPORTIONMENT FOR RECONSTRUCTION OF EXISTING GRADE SEPARATIONS 81

Chapter 8 MAINTENANCE OF GRADE SEPARATION STRUCTURES 87

Chapter 9 CONCLUSIONS 89

REFERENCES 91

APPENDICES 97

A Terms of Reference 99

B Urban Transportation Assistance Program (UTAP) CTC Orders Issued to Dec. 30, 1980 101

TABLES

2.1 Illustrative Example for Incremental Cost Apportionment for Capacity Increases 12

3.1 Non-Train-Involved Railroad-Highway Grade Crossing Accidents 21

3.2 Train Delay Costs, CN, 1981 Prices 27

3.3	Annual Grade-Crossing Maintenance Costs, 1980 Prices	29
4.1	Price Indices Used in This Study	32
5.1	Valuation of Reduced Risk of Loss of Life	41
5.2	Average Cost Per Accident: Train-Involved Accidents ("Intermediate" Valuation of Reduced Risk of Loss of Life). 1980 Canadian Dollars	44
5.3	Average Cost Per Accident: Train-Involved Accidents ("High" Valuation of Reduced Risk of Loss of Life). 1980 Canadian Dollars	45
5.4	Average Cost Per Accident: Non-Train-Involved Accidents ("Intermediate" Valuation of Reduced Risk of Loss of Life). 1980 Canadian Dollars	47
5.5	Average Cost Per Accident: Non-Train-Involved Accidents ("High" Valuation of Reduced Risk of Loss of Life). 1980 Canadian Dollars	48
5.6	Values of Time Savings	51
5.7	Purpose of Journey: Automobile Users in Ontario	53
5.8	Predictions of Motor Gasoline Prices, Canada Average, 1980 Prices	54
6.1	Discounted Present Values of Projects, Million Dollars, 1980 Prices	58
6.2	Percentages of Total Discounted Benefits; 5% Discount Rate, "Low" Time Value and "Intermediate" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	65
6.3	Percentages of Total Discounted Benefits; 10% Discount Rate, and "Low" Time Value and "Intermediate" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	65
6.4	Percentages of Total Discounted Benefits; 5% Discount Rate "Low" Time Value and "High" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	66
6.5	Percentages of Total Discounted Benefits; 10% Discount Rate, "Low" Time Value and "High" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	66
6.6	Percentages of Total Discounted Benefits; 5% Discount Rate, "High" Time Value and "Intermediate" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	67

6.7	Percentages of Total Discounted Benefits; 10% Discount Rate, "High" Time Value and "Intermediate" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	67
6.8	Percentages of Total Discounted Benefits; 5% Discount Rate, "High" Time Value and "High" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	68
6.9	Percentages of Total Discounted Benefits; 10% Discount Rate, "High" Time Value and "High" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	68
6.10	Percentages of Total Construction Costs; 5% Discount Rate, "Low" Time Value and "Intermediate" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	70
6.11	Percentages of Total Construction Costs; 10% Discount Rate, "Low" Time Value "Intermediate" Value for Reduction in Risk cf Loss of Life	70
6.12	Percentages of Total Construction Costs; 5% Discount Rate, "Low" Time Value and "High" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	71
6.13	Percentages of Total Construction Costs; 10% Discount Rate, "Low" Time Value and "High" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	71
6.14	Percentages of Total Construction Costs; 5% Discount Rate, "High" Time Value and "Intermediate" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	72
6.15	Percentages of Total Construction Costs; 10% Discount Rate, "High" Time Value and "Intermediate" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	72
6.16	Percentages of Total Construction Costs; 5% Discount Rate "High" Time Value and "High" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	73
6.17	Percentages of Total Construction Costs; 10% Discount Rate, "High" Time Value and "High" Value for Reduction in Risk of Loss of Life	73
6.18	Cost Apportionment on the Benefit Principle	76
6.19	Cost Apportionment on the Cost Responsibility Principle	78

EXECUTIVE SUMMARY

This report is concerned with developing logical bases to allocate the costs of grade separation projects between highway authority and railway once the federal contribution under the provisions of the 1974 Railway Relocation and Crossing Act has been determined. It is argued that there are two main logical bases for apportionment:

a) the benefit principle: this states that costs of any scheme should be shared between the parties in proportion to the benefits which the parties receive from the scheme; and

b) the cost responsibility principle: this states that the costs of any scheme should be shared between the parties in proportion to the parties' responsibility for the necessity of incurring the costs.

It is argued that where one party requires additional costs to be incurred in order to provide extra capacity or clearances for itself then, since the benefits of such extra capacity will accrue to the party requesting them, both the benefit principle and the cost responsibility principle require that (subject to the federal contribution) the party requesting the additional capacity or clearances should pay for them. This is so for extra capacity both for new construction projects and for reconstruction schemes.

For schemes which do not require substantial new capacity, both the benefit principle and the cost responsibility principle require us to be able to measure the benefits created by grade separations and the costs imposed by at-grade crossings. In order to adopt such a social benefit-cost analysis approach, the report therefore considers in detail the measurement of these benefits and costs in physical terms and their valuation in monetary terms. A survey of costs of accidents and of time and other delays is made, and combined with a computer program developed by Transport Canada to analyse the benefits of grade separation projects. The results are then used to determine the discounted benefits of a number of grade separation projects financed under the Urban Transportation Assistance Program (UTAP). The breakdown of benefits into different categories is considered for each of these schemes, and it is demonstrated how these results can be used to apply either the benefit principle or the cost responsibility principle to cost apportionment for these particular projects.

It is discovered that application of the benefit principle would lead to the railways paying a lower share of the balance of costs after federal contribution (though not quite as low a share as they often appear to pay at present), but that application of the cost responsibility principle would require them to pay a much greater share than at present. Reasons are advanced as to why the cost responsibility principle may indeed be an appropriate one to use.

The same principles are then used to discuss cost apportionment for a sample of reconstruction projects also financed under UTAP. Finally, the report discusses maintenance costs of grade separation structures, and provides a brief summary of its main conclusions.

Chapter 1

INTRODUCTION

A grade (or level) crossing occurs where a railway and a highway cross each other at grade, so that there is a potential conflict between movements on the two rights of way. A grade separation occurs where railway and highway cross each other on different vertical alignments so that there can be no conflict between movements on the two rights of way. Expenditure on grade separations can therefore eliminate the costs of such potential conflicts.

This report is concerned with determining an economic rationale for allocating the costs of grade separation projects among the parties involved. These parties are (a) the federal government, (b) the highway authority, and (c) the railway. The main problem which arises is in assessing the share of the costs of constructing or reconstructing grade separation projects which must be borne by the highway authority and the railway once the federal contribution has been determined.

Federal assistance for grade separation projects is governed by sections 16, 17 and 20 of the 1974 Railway Relocation and Crossing Act. These grants are now funded under the Urban Transportation Assistance Program (UTAP). The balance of the funding is determined not by any provisions of the Act but by the Railway Transport Committee of the Canadian Transport Commission using an extended version of General Order E-5.

Section 16 of the 1974 Act covers construction at existing grade crossings and reconstruction at existing grade separations where construction costs exceed $1.25 million. For new construction schemes, the Act places upper limits on the federal contribution of 80 percent of the first $1.25 million, 60 percent of the next $3.75 million, and 40 percent of any additional expenditure over $5 million. The balance after federal contribution is allocated to the highway authority and the railway by the Railway Transport Committee of the Canadian Transport Commission. Generally the railway is required to pay five percent of the total cost up to a maximum of $62 500, unless ordered otherwise. The highway authority pays the balance. For reconstruction schemes covered by section 16 of the 1974 Act, the upper limit on the federal contribution is 50 percent of the first $1.25 million, 37½ percent of the next $3.75 million, and 25 percent of any additional expenditure over $5 million. The railway is generally required to pay 12½ percent of the total cost up to a maximum of $156 250 unless otherwise ordered. The highway authority pays the balance.

Section 17 of the 1974 Act covers construction of a new grade separation (i.e. one where no grade crossing previously existed). Here the federal contribution is 50 percent, and the highway authority would normally pay the balance.

Finally, section 20 is applicable to construction and reconstruction schemes at existing crossings where the total cost is less than $1.25 million. Here the maximum federal contribution is 80 percent for new construction and 50 percent for reconstruction. Generally the railway would be required to pay one quarter of the balance and the highway authority three quarters. Thus for new construction the railway would pay five percent of total costs and the highway 15 percent; for reconstructions the railway would pay 12½ percent of the total and the highway 37½ percent.

We can sum up the impact of these rules as follows:*

New construction at existing grade crossing:

First $1.25 million	Federal 80%	Highway 15%	Railroad 5%
Next $3.75 million	Federal 60%	Highway 40%	Railroad 0%
Any additional cost	Federal 40%	Highway 60%	Railroad 0%

Reconstruction at existing grade separation:

First $1.25 million	Federal 50%	Highway 37½%	Railroad 12½%
Next $3.75 million	Federal 37½%	Highway 62½%	Railroad 0%
Any additional cost	Federal 25%	Highway 75%	Railroad 0%

Construction at new highway crossing:

Federal 50% Highway 50% Railroad 0%

Because controversy has arisen in apportioning costs according to these methods, the present report is concerned with investigating bases on which cost apportionment might logically proceed. Our investigation of bases for cost apportionment in chapter 2 reveals that there are two main rational principles. These are the benefit principle and the cost responsibility principle. In order for either of these principles to be operational, it is necessary to be able to measure the benefits which grade separation projects create. These benefits are the costs which are imposed by grade crossings, and which are hence saved when the grade crossing is replaced.

The rest of this report is concerned with showing how such measurement can be achieved and how capital costs of grade separation projects can be allocated to the parties according to these principles. The report is therefore concerned with the

---

* Note that we will consider maintenance costs of grade separations at a later stage in this report.

measurement of benefits and costs to all the parties involved. This can be achieved by using the technique of benefit-cost analysis. This is a well-developed technique whose use has been recommended by the Treasury Board [48] for the improvement of public resource allocation decision-making in Canada. Though the technique does present measurement and valuation problems, it can be of major use in analyzing information in a systematic and comprehensive manner and in pointing out the consequences of decisions.

One major area where benefit-cost analysis is in widespread use is in the analysis of the costs and benefits of highway improvements. The problems of using benefit-cost analysis to analyse grade separations are no greater than those involved in using it to analyse other highway projects. Indeed there have been a number of previous studies which have employed benefit-cost analysis to analyse grade separation and railway relocation decisions (see for example, [20], [25], [28], and [31]). Of more importance to the present study is the fact that the Railway Relocation and Crossing Branch of Transport Canada has recently developed the technique to analyse grade separation schemes [33]. A computer program, the Transport Canada Railway Crossing Analysis program, analyses the benefits, in the form of reduced vehicle delay and reduced accidents, from eliminating or from reducing traffic at any particular crossing. The availability of this program has proved to be of major advantage for the present study. A report by its author provides full details of the program [18]. The program user inputs data on the highway and railway traffic at the crossing, together with detailed information on the physical characteristics of the highway, the railway and the grade crossing, and information on values of time, fuel, tires and accident costs. Using this data the program estimates the time the crossing is closed to permit rail traffic to pass and the resultant delays to highway traffic. Estimates are also made of delays due to compulsory stop vehicles (buses) and delays due to vehicles slowing down because of rough crossing surfaces. Allowance is made in all of these delay calculations for delays caused to other vehicles in the traffic flow because of queuing effects. Increased fuel and tire wear estimates are made for all of the various types of delays. In addition, the program incorporates accident prediction and severity models which yield predictions of the expected number of different types of accidents at the crossing. The various delay and accident estimates are valued, and the latest version of the program permits output of discounted present benefit values over the life of a grade separation scheme.

Chapter 2

PRINCIPLES FOR COST APPORTIONMENT

The purpose of this chapter is to consider principles which might underlie cost apportionment in grade separation schemes. Hence, we are concerned with investigating alternative rationales for cost apportionment. Much of the rest of this report will be concerned with analyzing the implications for cost apportionment of these alternative rationales.

2.1 Criteria for Cost Apportionment

We first consider the criteria by which alternative rationales might be judged. There appears to be the following three main criteria which are appropriate:

2.1.1 Resource Allocation

This principle is concerned with ensuring that the decisions that are taken are in society's best interests. The nature of the cost apportionment method is likely to have an effect on the willingness of parties involved to support the construction and design of schemes. For example, if one party paid a very low proportion of total costs of a scheme, that party would have an incentive to advocate construction of the project as long as the benefits the party received exceeded its own cost contribution, even though total benefits of the scheme to society as a whole might fall far short of total construction costs. The same problem arises for modifications to schemes where the incremental cost of, for example, extra highway lanes or rail tracks might fall short of the incremental benefits of the extra capacity. But again, the incremental benefits to one party might exceed that party's incremental cost contribution, and so again resource allocation problems might arise. Hence there is an important feedback between the cost apportionment method and the quality of the grade separation decision and the design of the grade separation itself. This feedback appears to be particularly relevant for the question of capacity and clearances, i.e., to project design. We suggest below how it can be tackled.

2.1.2 Fairness

This principle is concerned with ensuring that the distribution of cost-sharing is in some sense "reasonable". This is to some extent a question of judgement. Since total construction costs must usually be shared among three parties (the federal government, the highway authority and the railway)

we have what might be termed as "zero-sum game" where what one party gains, in terms of a reduction in its percentage contribution, the others must as a group lose. Hence, it may never be possible to design a cost-apportionment scheme that fully satisfies all parties.

2.1.3 Administrative Simplicity

A further requirement of any cost apportionment scheme is that it should be relatively straightforward to administer. This suggests that it should be governed by simple rules and should not impose excessive administrative costs either on the administering or on other parties to any scheme. This objective may well conflict with the others, and so an attempt should be made to achieve a desirable balance between administrative simplicity and the other criteria.

2.2 The Benefit Principle and the Cost Apportionment Principle

Having described desirable criteria for cost apportionment we can now consider the two main rationales for cost apportionment which have been suggested:

a) The benefit principle; and

b) The cost responsibility principle.

The benefit principle The basis of the benefit principle is that the party who gains the benefits of a grade separation scheme should pay the costs, or, if more than one party gains, the parties should bear costs in line with the benefits they receive. The same principles apply when changes in the design (e.g. capacity) of the scheme, cause there to be changes in incremental costs and incremental benefits (i.e., the party who gains the incremental benefits should pay the incremental costs).

The cost responsibility principle The basis of this principle is that the party who imposes the cost should bear it (or bear the cost of removing it if the latter cost is lower).* This means that decision-makers will only make decisions which provide net benefits to society, since they will be forced to take into account any costs which they impose on others.

To see how these principles might work in practice, it is important to distinguish between the costs and benefits of a basic grade separation of highway and railway, and the

---

* This means that if one party imposes a cost of $1 million at a grade crossing, but the cost of a grade separation would be $800 000, then the cost-responsibility approach would require a maximum contribution of $800 000 towards the cost of the grade separation, i.e., the maximum possible percentage contribution cannot exceed 100 percent.

incremental costs and benefits of additions to capacity and clearances over and above those necessary to achieve basic grade separation. We consider the question of capacity and clearances first.

2.3 Capacity and Clearances

Consider the case where a two-lane highway crosses a two-track railway at grade. The existence of the crossing imposes costs in the form of accident, delay and maintenance costs. These costs can be avoided by building a two-lane highway grade separation over or under the two-track railway. Hence the benefits of the grade separation scheme will be the reduction in the costs imposed because of the existence of the grade crossing. The costs which the crossing creates are imposed by the parties (highway and railway) on each other. In turn, the benefits of the grade separation scheme will be received by the two parties (highway and railway) involved. It is this interdependence between the parties which causes problems in determining the appropriate way of using either the benefit principle or the cost responsibility principle in apportioning the costs of the basic grade separation.* Much of the rest of this report is concerned with showing how the principles of benefit-cost analysis can be used to disentangle this interdependence to make cost-apportionment for basic separations according to the benefit principle or the cost responsibility principle operational.

With additions to capacity, application of the benefit and cost responsibility principles is much more straightforward because the interdependence problems are much less severe. Consider the case of a desired increase in highway capacity over our grade separation from two to four lanes. Whatever the benefits of such a capacity increase are (and they would mainly take the form of reduced congestion costs if a two-lane highway would have been congested), the main point to be made with regard to them is that they obviously accrue to the highway and its users and not to the railway. So we have a situation where the construction costs of the project would be increased to accommodate the extra highway lanes, and the benefits would accrue to highway users. Hence the highway is both imposing the costs and receiving the benefits, and both the benefit principle and the cost responsibility principle suggest that in such a case the highway should bear the incremental capital costs. The incremental benefits could be measured using (fairly sophisticated) traffic modelling procedures and benefit-cost analysis, but the highway authority is the organization in the best position to do this and, since the benefits are highway

---

* Note we are defining a basic grade separation as one which does not change existing highway or railway capacity from what it would have been in the absence of the grade separation scheme.

benefits, should be left to do so. The highway authority can then decide whether it believes that the additional highway benefits justify the additional expense incurred. This will help to prevent over-provision of highway capacity on the grade separation.

The same approach can be used for additional rail capacity. Consider the case where an increase in rail capacity from two to four tracks is considered. This may well increase the costs of building the grade separation. In return, there will be benefits, but it should be fairly obvious that these benefits accrue to the railway and/or rail users and not to the highway. The benefits might take a number of forms. An increase in capacity may reduce operating costs if it avoids the need to sidetrack slow trains (with consequent increases in time and other costs)* to allow faster trains to pass, or it may permit additional trains to be run with consequent increases in railway revenue (if the trains are new trains) or reductions in railway costs (if the trains are diverted from other more-expensive-to-operate routes). Now these benefits all accrue to the railway and it is the railway which is in the best position to determine what they are and to decide whether or not they justify the extra costs (such as additional track maintenance costs) of the extra capacity. Consequently, in this case, the railway imposes the additional (rail) capacity costs of the grade separation and reaps the benefits. Hence both the benefit principle and the cost responsibility principle suggest that in such a case the railway should bear the incremental costs (and hence decide whether it wishes these incremental costs to be incurred). This will help to guard against over-provision of rail capacity in the grade separation scheme.

The same considerations apply to increases in railway clearances (for example, to allow for future electrification). Provision of additional clearances will impose additional construction costs, and the benefits of electrification will accrue to the railway. Hence, the railway should bear the costs imposed on society by the need to design for these additional clearances.

To sum up so far, what we have argued is that where additions to capacity above basic capacity are envisaged, the party requiring the additional capacity or clearances should bear the incremental costs (though perhaps with federal assistance) of increasing capacity of the separation. Further it should be the responsibility of the parties involved to decide whether or not they wish to have the increased capacity.

A problem arises where <u>both</u> parties wish to increase capacity or clearances, since in such circumstances the overall incremental cost of increasing both road and rail capacity

---

* See chapter 3, pp. 26-28, for some figures on such costs.

together may exceed the sum of increasing road but not rail capacity and rail but not road capacity. However, the overall incremental cost can be apportioned to the two parties pro rata to the separate incremental costs. A simple example (ignoring federal contributions) can illustrate this. Table 2.1(a) shows possible construction costs of an imaginary grade separation scheme to replace an existing two-lane highway, two-track railway, grade crossing. If existing capacity is retained the cost will be $3 million. Increasing road capacity to four lanes would increase costs to $4.5 million. Increasing rail capacity to four tracks would increase costs to $3.8 million. Increasing both road and rail capacity would increase costs to $5 million. Hence, if only road capacity was increased the highway authority would pay the incremental cost of $1.5 million shown in table 2.1(b), plus some share of the basic cost of $3 million. If only rail capacity was increased the railway would pay the incremental cost of $0.8 million plus some share of the basic cost of $3 million. If both road and rail capacity were increased the incremental cost would be $2 million, which is less than the sum of the two separate incremental costs of $1.5 million and $0.8 million. However we suggest that this total incremental cost be split in proportion to the separate incremental costs. This would give a highway contribution of

$$2 \times 1.5/2.3 = \$1.3 \text{ million}$$

and a railway contribution of

$$2 \times 0.8/2.3 = \$0.7 \text{ million}$$

and the two contributions equal the overall incremental cost.

A more serious problem arises with regard to the question of what is meant by a "basic grade separation" scheme. We defined this in the footnote on page 9 as being a grade separation scheme which does not change highway or railway capacity from what it would have been in the absence of the grade separation. This means that it is necessary to consider not just road and rail capacity at the time the separation project is being planned, but also what changes in capacity would be likely to be made, either by the railway or by the highway authority, in the near future (within five years of construction) in the absence of the grade separation. For this purpose it would be necessary to consider (both for road and rail traffic) recent traffic trends and the question of whether these traffic trends, together with existing traffic levels and spare capacity would be likely to lead to a decision to increase capacity across the grade crossing within the early part of the project's life. It would be difficult to lay down hard and fast rules for this, but in essence it involves the administering agency using its judgement to determine what is a reasonable capacity for a grade separation in the light of actual and projected traffic at a particular location. Thus, the agency should take a critical view of any major proposed increases in

Table 2.1

ILLUSTRATIVE EXAMPLE FOR INCREMENTAL
COST APPORTIONMENT FOR CAPACITY INCREASES

A. Total Construction Costs in Million Dollars

	Highway Capacity	
Railroad Capacity	Two Lanes	Four Lanes
Two Tracks	3.0	4.5
Four Tracks	3.8	5.0

B. Incremental Construction Costs in Million Dollars

	Highway Capacity	
Railroad Capacity	Two Lanes	Four Lanes
Two Tracks	-	1.5
Four Tracks	0.8	2.0

capacity (particularly those which impose significant increases in construction costs) by one or other of the affected parties. To do this, it might require the party requesting the additional capacity to provide details (rather than vague statements) of its traffic forecasts and of the costs it would have expected to incur as a result of restricted capacity.

2.4 Cost Apportionment for Grade Separation Schemes; the Need to Measure Costs and Benefits

At the beginning of the previous section, we noted that the benefits of a basic grade separation scheme will be the reduction in the costs imposed because of the existence of the grade crossing. Consequently, if we wish to consider cost apportionment either on the benefit principle or on the cost responsibility principle, we need to be able to measure these costs and benefits. The way that these can be measured is through use of social benefit-cost analysis. This technique, often referred to simply as benefit-cost analysis, is concerned with measuring all the costs and benefits of a project, irrespective of to whom they accrue or by whom they are incurred. Hence, the technique is concerned with measuring costs and benefits to society, where society can be regarded as being made up of all the parties affected by a decision (railway, rail users, highway authority, highway users, etc.).*

Consequently, much of the rest of this report is concerned with showing how the costs and benefits of grade crossings and separations can be measured and used for determining cost apportionment. In chapter 3 we review the various benefits of grade separations and show how they can be measured using Transport Canada's Railway Crossing Analysis computer program. In chapter 4 we consider the decisions regarding price indices and discount rate that must be made before any benefit-cost analysis approach can proceed. In chapter 5 we consider in detail the question of the valuation of the different benefits of grade separations/costs of grade crossings (such as accident costs, costs of time delays, costs of fuel). In chapter 6 we use these methods and valuations to evaluate the benefits of a number of actual grade separation schemes which involved new construction. The implications for cost apportionment with these schemes of the benefit principle and the cost responsibility principle are then outlined. In chapter 7 we discuss how the principles and methods outlined in this report can be used for cost apportionment of reconstruction projects, again using actual schemes as examples. In chapter 8 we consider structure maintenance costs. Finally, in chapter 9 we draw together our conclusions.

---

* For a survey of the application of this technique to rail investment, see Dodgson [13].

Chapter 3

BENEFITS OF GRADE SEPARATION SCHEMES

In this chapter, we review the benefits of grade separation schemes and the methods available for estimating the benefits of eliminating any particular railway-highway grade crossing. These benefits can then be assigned to the party actually gaining the benefit for the purpose of cost apportionment. The types of benefits discussed in this chapter are:

a) Accident reduction benefits

i)	train-involved accidents	section 3.1.1
ii)	non-train involved accidents	section 3.1.2

b) Highway vehicle delay reduction benefits

i)	time savings	
ii)	fuel savings	section 3.2
iii)	tire wear savings	

c) Train delay reduction benefits — section 3.3

d) Maintenance cost reduction benefits

i)	crossing surface	section 3.4
ii)	crossing protection equipment	

Items a)i) and b)i), ii) and iii) can be estimated for any particular crossing in any particular year using the Railway Crossing Analysis program developed by Ewald Gaudes of the University of Waterloo for Transport Canada [18]. This program was used in our study with Transport Canada's permission and Ewald Gaudes' advice, and I am very grateful for the opportunity to take advantage of its availability. This chapter outlines the approach used by the program to predict numbers of accidents and amounts of time, fuel and tire wear saved. This chapter also outlines the methods used in our study to estimate the benefit of types a)ii), c) and d)i) and ii). The unit cost values used in the present study to value accident costs, time values, fuel and tire prices are discussed in detail in chapter five.

The present study does not attempt to value environmental costs and benefits of grade separation projects. The main environmental benefit of such a project might be the elimination of train whistling at crossings and the main

environmental costs of noise and dust during construction. These would be difficult to value [13 pp. 891-2], but they appear likely to be small in relation to the total measurable benefits and costs.

3.1 Accidents at Grade Crossings

For evaluation of the accident-reduction benefits of grade separations, we need to be able to predict the number of accidents which would have occurred in the absence of the grade separation. There are two main types of accidents which are relevant:

a) Train-involved accidents These involve a train or other railway on-track equipment coming into physical contact with a highway vehicle or a pedestrian at a grade crossing.

b) Non-train-involved accidents These are highway accidents which occur because of the existence of the railway grade crossing, but do not involve physical contact between a train and a vehicle or individual. For example, a car driver may run off the road because he is taking avoidance action in order to miss hitting a train, or a vehicle may stop suddenly and cause a following vehicle to run into it because of the presence of a train on or near the crossing. In other accidents no train may be present, but the existence of the grade crossing may still be the primary cause of the accident. For example, slowing down of vehicles to check for trains or pass over a rough crossing surface may cause turbulence in the traffic stream [58] and hence cause rear-end collisions. In all these cases, removal of the grade crossing (or reduction in traffic flow across an existing crossing) will cause there to be a benefit in terms of accident reduction.

Work on grade crossing accidents has concentrated on the first type of accident, those involving trains. This appears to be partly because of the way in which such accidents are reported. Railways are required by law to report all such accidents. Consequently, much better statistics exist on these accidents. Further, such accidents are generally more severe than those involving only highway vehicles, and they are clearly the type of accident which one would most commonly associate with grade crossings. Nevertheless, non-train-involved accidents cannot be ignored in any study of the benefits of grade separation projects, and we discuss them further below.

3.1.1 Train-Involved Grade Crossing Accidents

A considerable amount of work has been carried out in North America on development of hazard indexes for train-involved accidents at grade crossings. For purposes of benefit estimation, it is necessary to use an index that predicts the actual probability of an accident at a particular crossing, rather than an index which merely ranks crossings in descending order of hazard. One example of the former type of accident prediction model is that developed by Coleman and Stewart [10]. Coleman and Stewart used data from the period 1965 to 1972 from 15 U.S. states to develop accident prediction equations for different types of crossings (single-track urban, single-track rural, multiple-track urban, and multiple-track rural) and for different types of protection devices. These formulae predict an expected accident rate for any particular type of crossing as a function of highway traffic volume and train volume. Coleman and Stewart's report [10] provides full details of these formulae, but their implications are made clearer in a set of charts developed from the formulae and published in an appendix to the 1978 study by Canalog Logistics on the requirements for grade crossing protection for high-speed passenger train operation in Canada [7]. These charts show how, for any particular type of crossing, expected accident rates change as highway volume or rail traffic volume changes.

Coleman and Stewart also used information from three U.S. railroads to develop equations to predict the severity of grade crossing accidents [10]. These equations predict the proportion of accidents which will involve fatalities, and the proportion which will involve non-fatal injuries, on the basis of the speed of highway traffic and the speed of trains across the crossing. Again the Canalog study provides charts to illustrate the implications of these equations [7].

Since Coleman and Stewart's study was carried out, information from the U.S. federal inventory of grade crossings and grade crossing accidents has become available. This has now been analysed by the Transportation Systems Center (TSC) at Cambridge, Mass., to yield new accident prediction equations based on the more recent and more comprehensive data set. These equations can be regarded as providing better predictions than the Coleman/Stewart model. The methodology used is outlined in a 1980 report by Mengert [26]. The most recent versions, which have been published in a paper by Farr and Tustin [16], are:

For warning device class 1 (passive devices):

$$h = 0.00984\, e^{2X_1}, \text{ where}$$

$$X_1 = 0.3839\ LOG_{10}\ (CT + 0.2) + 0.1538\ LOG_{10}\ (D + 0.2)$$
$$- 0.3080\ HP + 0.003855\ MS$$
$$- 0.04991\ HT + 0.1047\ MT \qquad (1)$$

For warning device class 2 (flashing lights):

$$h = 0.00551\, e^{2X_2}, \text{ where}$$

$$X_2 = 0.3400\ LOG_{10}\ (CT + 0.2) + 0.05415\ LOG_{10}\ (D + 0.2) + 0.05442\ MT + 0.06900\ L \qquad (2)$$

For warning device class 3 (automatic gates):

$$h = 0.00162\, e^{2X_3}, \text{ where}$$

$$X_3 = 0.3588\ LOG_{10}\ (CT + 0.2) + 0.1456\ MT + 0.05180\ L \qquad (3)$$

h = expected number of accidents per year
T = number of trains per day
C = number of highway vehicles per day
D = number of day-through trains per day
MT = number of main tracks
MS = maximum timetable speed
HP = highway paved. 1 if paved, 2 if not paved
HT = highway type. This is a code representing the type of highway.
L = number of traffic lanes
e = 2.71828....

Thus, for all types of crossing protection, an important factor determining the expected number of accidents is CT, the cross-product of highway and train traffic. For flashing light protection other variables are; D, the number of through trains during the day; MT, the number of main-rail tracks; and L, the number of highway lanes. For automatic gates, the other significant variables in addition to cross-product are the number of rail tracks and the number of highway lanes.

Equations (1), (2) and (3) cannot include all the factors affecting grade crossing accidents because the only variables which could be considered were those for which data is collected in the national inventory. Thus, for example, two grade crossings might have the same type of protection, the same daily traffic and train flows, and the same numbers of rail tracks and highway lanes, but if one has a poor geometry, with restricted sight distances, then one would expect that crossing to have a worse accident record than the other. The Transportation Systems Center attempted to allow for such factors by adjusting the predicted accident rates to take account of actual accident history at each crossing. The methodology used to do this is discussed in appendix H of Mengert's report [26], and the actual adjustment (see [16]) is:

$$H = 1.058 \left[\frac{t_o}{t_o + t} h + \frac{n}{t_o + t} \right] \qquad (4)$$

where H = predicted accident rate adjusted for accident history at crossing

$t_o = 1/(0.05 + h)$

t = number of years of accident history

n = number of accidents in t years

h = predicted accident rate from equation (1), (2) or (3)

In effect, accident history is being used as a proxy for other variables which influence accident rates. Ideally one would like to include such variables directly in the model. Thus, in Florida more detailed information on crossings (such as minimum clear sight distance) is collected, and accident prediction models have been developed using data on these variables (see [23] and [56]).

Generally, however, such information will not be available. The U.S. Department of Transportation has investigated cases where the TSC model, unadjusted for actual accident history, yields poor predictions of accident rates in order to discover what variables accident history is a proxy for. This study, by Betty Tustin [49], considered crossings which had a significantly higher actual accident rate than that predicted by the TSC equations. These crossings were subject to a detailed on-site investigation. These investigations revealed that the crossings with the relatively high accident rates appeared to suffer from one or more of the following factors:

a) obstructed view for highway user of crossing and approach track;

b) presence of many intersecting roadways and driveways within 500 feet of crossing;

c) parking lots and/or street parking;

d) complex roadway geometry; and

e) high degree of visual clutter.

More work is to be carried out to discover the extent to which such factors are present at other crossings.

Transport Canada's Railway Crossing Analysis program incorporates the TSC accident prediction formulae from [16] for the expected number of train-involved grade crossing accidents at any particular crossing. Hence data on highway traffic, number of trains, type of protection, highway type, maximum train speed, number of highway lanes, railway tracks, and (where

available) accident history is input into the program, and the predicted accident rate is output. The TSC formulae do not distinguish between accidents of different severities. In order to do this the Transport Canada program utilizes Coleman and Stewart's accident severity prediction model [10]. As noted above, this model estimates the proportions of accidents which involve fatalities, non-fatal injuries and property damage as a function of highway and railway speeds.

It should be noted that the resultant accident prediction figures for any particular crossing should always be checked against the professional judgement of the railway and highway engineers familiar with the particular problems of that crossing. In other words, the possibility always exists of modifying the prediction of the formula if it appears to provide results clearly at variance with known local circumstances (such as the types of circumstances identified by Tustin's study and listed under a) to e) above).

3.1.2 Non-Train-Involved Grade Crossing Accidents

In contrast to train-involved accidents, very little work has been carried out on prediction of non-train-involved accidents at grade crossings. The most recent work appears to have been undertaken by Schoppert and Hoyt in 1968 for the U.S. National Cooperative Highway Research Program [35]. Schoppert and Hoyt's report presents the results of a study of data supplied by the Illinois Division of Highways. This data covered a 2½ year period and 3 627 accidents at grade crossings. As shown in table 3.1, these accidents were divided into three categories:

a) those involving collisions with trains;

b) those not involving a collision with a train, but where a train was present at the crossing at the time the accident occurred; and

c) those not involving either a collision with a train or the presence of a train.

As can be seen from the table, about one third of the total accidents were in each category.

As might be expected, collisions between vehicles travelling in the same direction were the most common type of non-train-involved accidents. Thus, 87 percent of "train-present" accidents were of this type, while a lower 52 percent of "non-train-present" accidents also involved rear-end collisions [35, p. 21]. Schoppert and Hoyt also quote a Colorado Department of Highways study which concluded: "Collision into the rear of a vehicle stopped or stopping at the crossing was the most common type of accident. Almost one half

Table 3.1

NON-TRAIN-INVOLVED RAILROAD-HIGHWAY GRADE CROSSING ACCIDENTS

Type of accident	Illinois		Alberta 1979 & 1980	
	Number	%	Number	%
Train involved	1 113	30.7	203	31.5
Train present but not involved	1 339	36.9		
No train present	1 175	32.4	441	68.5
Total	3 627	100.0	644	100.0
Non-train-involved / Train-involved	2.26		2.17	

Sources: Illinois, Schoppert and Hoyt [35, p. 20]. Alberta, information supplied by Alberta Transportation, 1980 figures are provisional and subject to revision.

of the rear-end crashes involved trucks and buses required by state law to stop at all railway crossings" [35, p. 78]. Schoppert and Hoyt note that with this requirement certain vehicles should make compulsory stops, which may actually lead to an increase in the number of accidents.

Full information is not available on non-train-involved accidents in Canada. The Statistics Canada report Motor Vehicle Traffic Accidents [43], publication of which was discontinued in 1976, has figures on the number and severity of highway accidents "involving railway train" and the number "at railway crossing". There are difficulties with the latter statistics since the definition "at railway crossing" is not clear and may differ from province to province. Also, there are gaps for some provinces for some years. However, for the four years 1972, 1974, 1975 and 1976 for which the statistics are reasonably complete, they show that there were 72 percent more accidents "at railway crossings" than there were accidents "involving railway train". These total figures of accidents not involving a train will be understated because only accidents involving damage costs over $200 were required to be reported to the police (and other damage-only or slight injury accidents might also not be reported). Despite these problems with the data, they still show, as might be expected, that accidents not involving a train were less severe than those involving a train. For the four years, seven percent of accidents involving a train resulted in fatalities, whereas less than one percent of those not involving a train resulted in fatalities.

Much better figures on non-train-involved accidents are collected in Alberta. Alberta Transportation has supplied such figures for 1979 and 1980. In those two years there were 644 accidents at grade crossings, of which 203 involved a collision with a train and the remaining 441 were non-train-involved accidents. Of the train-involved accidents, 9.85 percent involved fatalities, 30.05 percent involved non-fatal injuries and 60.10 percent involved only property damage. In contrast, for the non-train-involved accidents, 0.68 percent involved fatalities, 20.41 percent involved non-fatal injuries and 78.91 percent involved only damage. The Alberta figures are shown in table 3.1 in comparison with the Illinois figures. It can be seen that in both cases train-involved accidents accounted for just under one third of all highway-railroad grade crossing accidents.

Account therefore needs to be taken of non-train-involved accidents which will be avoided or reduced by a grade separation scheme. Schoppert and Hoyt developed an equation for predicting such accidents using the Illinois data [35, pp. 58-59], and this equation is incorporated in the Transport Canada program. However, the overall fit of the model was poor (with a value of r^2 of 0.08) and the model appears to yield poor predictions of non-train-involved accidents. For example, in

one early run of the model for this study, the number of non-train-involved accidents was predicted to be 71 times greater than the number of train-involved accidents for a particular crossing. Further fatal accidents not involving trains were predicted to be 22 times greater than fatal accidents involving trains. (The equivalent average figures for the 1979/1980 Alberta data are 2.17 times greater, and seven times less, respectively.) This result is clearly not realistic, and the Schoppert and Hoyt formula cannot be used as a basis for predicting non-train-involved accident reduction benefits.

In the absence of any other prediction formulae for such accidents, we use the Alberta and Illinois information to estimate non-train-involved accidents avoided. From table 3.1 it can be seen that in Illinois there were 2.26 times as many non-train-involved as train-involved accidents, while in Alberta there were 2.17 times as many. Hence we multiply the predicted train-involved accidents at any particular crossing by a factor of 2.2 to estimate the total number of non-train-involved accidents. These will be less severe than train-involved accidents. To estimate severity, we use the proportions from Alberta noted above. Hence, we assume that of total predicted non-train-involved accidents, 0.68 percent will involve fatalities, 20.41 percent will involve non-fatal injuries, and 78.91 percent will involve only damage.

3.2 Delay to Highway Vehicles

The following are three main types of delay imposed by railway grade crossings on highway traffic:

a) Delay due to trains occupying the crossing. Once the crossing protection system is activated (or once drivers observe a train approaching when the protection system is passive) vehicles must stop and wait until the crossing is clear again. Furthermore, there may still be some delay to vehicles arriving at the crossing until the tailback of vehicles delayed by the train has cleared the crossing;

b) Certain vehicles (buses, and trucks carrying hazardous materials) must stop at the crossing and observe whether or not it is safe to proceed. As well as the delay imposed on these vehicles themselves, they may also impose a delay on following traffic; and

c) Because crossing surfaces may be rougher than the normal road surface, all vehicles may slow down in order to cross the crossing, even though there may be neither a train at the crossing nor a compulsory stop vehicle in the vicinity.

These types of delay impose the following three cost types:

a) Cost of time;

b) Cost of fuel; and

c) Cost of tire wear.

Time costs can be estimated by estimating how long the crossing is closed, the extra time it takes to stop or slow down due to delay imposed by other vehicles, and the extra time imposed by slowing down for crossing roughness.

The fuel and tire components of vehicle operating costs are more difficult to determine because they relate to very specific types of change in operating costs rather than to average operating costs per kilometre (for an example of the latter see [50]). The most detailed figures of the effects of slowing down or stopping on operating costs are those prepared by Claffey for the U.S. Highway Research Board in 1971 [8]. On the basis of experiments with different types of automobiles and trucks, Claffey provided information on the extra fuel consumed when slowing down from different speeds to stop and when re-accelerating again to the initial speed (the stop/go cycle) and when slowing down from an initial speed to a lower speed and then re-accelerating (the speed/change cycle). Information is also provided on fuel consumption rates when idling (for example while waiting for a train to cross a crossing).

In addition, Claffey's study provides information on extra tire wear costs involved in stopping and re-accelerating. Other operating costs of stopping and re-accelerating are also considered, but these appear to be relatively small. Thus, the extra tire wear cost for an automobile going through a 30 mph-zero-30 mph stop-go cycle is given as 0.6 cents per cycle. Other additional maintenance costs of such a cycle are brake shoe and brake lining wear, but these only amount to 0.12 cents per cycle.

Claffey's results relate to late-1960's model vehicles, although the figures are given in a form which allows easy update of results to allow for changes in fuel and tire prices. The results are widely used in benefit-cost analysis of highway investment projects (for example, the Ontario Government's Ministry of Transportation and Communications computer program [30] for the analysis of highway projects is based to a large extent on Claffey's figures), and they are used in the Transport Canada program for the analysis of grade separations. Some results for early 1970's model autos are available in a 1977 study by Claffey [9], but this study was largely concerned with investigating the effectiveness of certain fuel economy measures and its results are not directly relevant for our study.

Transport Canada's Railway Crossing Analysis program estimates time, fuel, and tire wear costs of the three types of delay imposed by grade crossings and is outlined at the beginning of this section. This is done in a detailed manner for any particular crossing, given information on:

a) daily traffic flow in different periods of the day;

b) composition of vehicle flow, including percentages of compulsory stop vehicles and trucks;

c) type of highway, lane numbers and width;

d) normal vehicle speed on highway;

e) a measure of the impact of the roughness of the crossing in slowing down vehicles;

f) automobile occupancy rate to estimate time losses;

g) information on numbers of trains, their speed and their length to estimate the amount of time during the day for which the crossing is closed; and

h) unit costs of time, fuel and tires.

A detailed working example which shows how the version of the program used in the present study uses the above information to estimate the various costs of delay at a particular crossing and was included as a supplement to the initial report on the Transport Canada study [33]. This supplement shows clearly how the different calculations are done.

Unit cost values (item h above) for any project must be input by the analyst. The rationale for, and derivation of, the values used in our study of cost apportionment are explained in chapter 5, section 5.2.

3.3 Delay to Trains

Although highway vehicles are usually required to stop in order to permit trains to cross over grade crossings (rather than vice versa), the presence of highway grade crossings may nevertheless impose some delay costs on railways. This can take two main forms:

a) There may be a permanent speed restriction across the crossing, so that all trains which would otherwise travel at a faster speed will have to slow down and re-accelerate. If a grade separation led to the removal of this restriction, then the resultant cost savings would be a legitimate benefit of the project; and

b) Once an accident has occurred at a grade crossing, a temporary speed restriction of 25 mph is imposed until the crossing has been investigated by the CTC. This usually takes about a month, during which time there is a cost to the railway of slowing down and speeding up trains in order to comply with the restriction.

As with the speed/change cycles for highway vehicles discussed in the previous section, the cost of a speed/change cycle for a train requires very specific information on operating costs rather than information on average train operating costs. Fortunately, information was made available from a study which CN did of the costs of slowing and re-accelerating trains.

This study identified the following four major cost components when slowing a train to meet a speed restriction:

a) Brake shoe wear;

b) Wheel wear;

c) Additional fuel costs; and

d) Train delay cost, in the form of reduced utilization of cars and locomotives. This component assumes perfect divisibility of the railway's car and unit fleet, so that any delay is transformed into an increase in the required fleet to handle the traffic. The cost therefore is a time cost per unit hour and per car hour based on maintenance, depreciation and interest costs.

Note that no allowance needs to be made in these four cost components for crew costs, since train crews are paid on a mileage, rather than on a time basis.

Actual costs were provided at 1981 prices for the cost of slowing down a typical freight train from 50/60 mph to 15/20 mph. The "typical freight train" is assumed to have three diesel units and 100 cars. Gross car weight is assumed to be 50/60 tons. The train would take an extra six minutes to slow from 50/60 mpn to 15/20 mph, pass through a grade crossing at this slow speed, and then re-accelerate back to 50/60 mph.

The various cost components are shown in table 3.2 at 1981 prices. For figures at 1980 prices the components in table 3.2 should each be multiplied by 0.89 (=100/112.5) to allow for CN's assumption of 12½ percent inflation between 1980 and 1981. Thus, delay costs per train total $28.81 at 1981 prices and $25.60 at 1980 prices. The unit cost figures in table 3.2 can be used to build up costs for other lengths of freight train. CN advises that costs for passenger trains may

Table 3.2

TRAIN DELAY COSTS, CN, 1981 PRICES

Cost component	Unit cost item	Total cost per cycle for typical 100 car freight train*
Brake wear	2.29 cents per car per brake application	$ 2.29
Wheel wear	3.42 cents per car per brake application	$ 3.42
Fuel	Extra three gallons at $1.20 a gallon	$ 3.60
Train delay cost (Time cost)	Per diesel unit $22.67 per hour. Per freight car $1.27 per hour. Therefore, 3 units and 100 cars for 6 minutes	$19.50
Total		$28.81

* Costs are for slowing a train from 50/60 mph to 15/20 mph, passing over a crossing at 15/20 mph, and then re-accelerating to 50/60 mph.

Source: CNR.

be of the same order of magnitude as those for freight trains, but no direct figures are available. (Passenger trains have fewer, but are more expensive to operate cars than freight trains. Also there will be time delays to rail passengers.)

For our purposes, we propose to assume an average cost of $25 per train at 1980 prices for slowing from 50/60 mph (or above) to 25 mph. Where operating speeds at a crossing are lower than 50 mph maximum, we will prorate the figure of $25 to allow for the lower deceleration required to reach a 25 mph restriction.

Hence for any particular crossing, train delay costs as a result of slow orders imposed after accidents can be estimated by the formula:

> Annual expected train delay costs = $[expected annual train-involved accident rate x daily number of trains x average number of days slow order imposed as a result of an accident x delay cost per train]

For example, if a crossing has 12 trains per day, if the average time a slow order is imposed is 30 days, and if the accident prediction equations discussed in section 3.1.1 above yield a forecast of 0.21 train-involved grade crossing accidents for that crossing for a particular year, then delay costs in that year will be:

> Annual expected delay costs = 0.21 x 12 x 30 x $25 = $1 890
>
> where (12 x 30) is the number of trains delayed <u>if</u> a slow order is imposed
>
> and 0.21 is the probability that a slow order will be imposed in that year.

Where there are permanent speed restrictions because of a crossing, delay costs will also be estimated in this study. However, this case is not common since generally speed restrictions are either not imposed because of the presence of grade crossings or, where they are imposed, would not be removed if only one crossing were removed as a result of a grade separation project.

3.4 Maintenance Cost Savings

The fourth type of benefit of grade separation schemes is that they avoid the need for maintenance costs of grade crossings and protection equipment. Table 3.3 shows annual maintenance costs for different types of crossing. These maintenance costs include both the costs of maintaining surfaces at the crossing and the costs of maintaining the crossing protection equipment. The figures in the table are averages

Table 3.3

ANNUAL GRADE-CROSSING MAINTENANCE COSTS, 1980 PRICES

Type of protection	Number of railway tracks				
	1	2	3	4	5
Crossbucks	$ 750	$1 250			
Flashing lights and bells	$2 750	$3 250	$3 750	$4 250	$4 750
Flashing lights, bells and automatic gates	$3 250	$3 750	$4 250	$4 750	$5 250

Note: These costs include costs of maintaining protection equipment, signs and surfaces. They will usually be split 50/50 between railway and road authority.

Source: C.T.C.

based on CTC experience and on some figures for the costs of maintaining particular crossings. We take maintenance costs of automatic protection equipment to be $2 000 per annum for flashing lights and bells, and $2 500 per annum for flashing lights, bells and automatic gates. Surface maintenance costs (allowing for periodic resurfacing) are assumed to be $750 per annum for a one-track crossing, with $500 extra for each additional track. It is assumed that these costs, which are mainly labour costs, will rise in real terms in the future with increases in real earnings. (This implies that no productivity improvements will be made in crossing maintenance activities.)

Chapter 4

PRICE INDICES, DISCOUNT RATE AND PROJECT LIFE

The benefits of a project such as the construction of a grade separation do not all occur at a single point of time, and so it is necessary to consider the problems which arise in converting benefits and costs at different periods of time into common units. This chapter considers three such problems:

a) Changes in the price level due to general inflation and to changes in relative prices;

b) The choice of discount rate to evaluate the present value of future costs and benefits; and

c) The choice of length of project life to determine how long a period is relevant to measure the benefits of a particular project.

4.1 Changes in the Price Level

All the costs and benefits of a project should be measured at constant real prices, i.e., adjusted for inflation. Because it is the latest year for which full information is available, all benefits and costs in this study are valued at 1980 Canadian prices. To convert figures for prices from other years to 1980 values, we have used the implicit price index for Canadian Gross National Expenditure [44]. The resultant index for the years 1968 to 1980 is shown in column (1) of table 4.1. For example, to convert a value of $x for the year 1972 into 1980 prices one would multiply the figure of $x by the figure of 2.1171 from table 4.1.

We also use some monetary figures from the U.S. and therefore we need a U.S. price index. We use the implicit price deflator for U.S. Gross National Product [53]. (This is conceptually the same as our Canadian index because in national income accounting GNP and GNE are alternative measures of the same thing.) This index is shown in column (2) of table 4.1.

We also need to convert 1980 U.S. values to 1980 Canadian values, and for this purpose we use the average noon Canadian/U.S. dollar exchange rate throughout 1980 [2]. This gives an average exchange rate of 1.1692 Canadian dollars per U.S. dollar (or 0.8553 Canadian dollars for one U.S. dollar). Hence, values at 1980 U.S. prices should be multiplied by 1.1692 to yield the equivalent 1980 Canadian dollar value.

Table 4.1

PRICE INDICES USED IN THIS STUDY

	Canadian price index (A)	U.S. price index (B)	Canadian Highway construction price index (C)
1968	2.5062	2.1835	
1969	2.4006	2.0790	
1970	2.2941	1.9734	2.7700
1971	2.2230	1.8777	2.5650
1972	2.1171	1.8029	2.4405
1973	1.9398	1.7041	2.1682
1974	1.6828	1.5539	1.6163
1975	1.5195	1.4176	1.4451
1976	1.3876	1.3467	1.3857
1977	1.2970	1.2724	1.2941
1978	1.2194	1.1857	1.1964
1979	1.1054	1.0896	1.1047
1980	1.0000	1.0000	1.0000

Sources:

(1) Canadian Statistics Canada National Income and Expenditure Accounts System of National Accounts (13-001) Table 21 "Implicit price indexes; Gross National Expenditure".

(2) U.S United States, Department of Commerce, Bureau of Economic Analysis Survey of Current Business Table 19 "Implicit price deflators for Gross National Product".

(3) Highway Construction Statistics Canada, Construction Price Statistics, (62-007), March 1981, p. 43, and preliminary published figures for 1980.

A separate index is used to re-value grade separation construction cost estimates to 1980 values. The index used is the one published by Statistics Canada for "Highway construction price indexes" [39]. This is shown in column (C) of table 4.1. As can be seen from a comparison of columns (A) and (C), the highway construction cost index is very close to the general Canadian price index for the years 1976 through to 1980. This is the period from which the construction cost estimates to be used later in this study are drawn.

The price indices outlined above should be used to value all items of cost or benefit at 1980 values. There is then no need to allow for general changes in the price level in the future. In other words, all benefits of a project should be valued in 1980 terms, unless there is expected to be a change in relative prices.

One possible cause of changes in relative prices is the growth of real earnings per head in the economy. Real earnings can be assumed to grow at the same rate as the growth of real productivity (output per man-hour) in the economy. Between 1971 and 1979 the average annual growth rate in output per man-hour in all commercial industries in Canada (including agriculture, mining, manufacturing and commercial service industries) was 2.1 percent per annum [38]. Although productivity growth was much slower at the end of the period than the beginning, we assume that the Canadian economy will recover to achieve an annual productivity growth, and hence an average growth in real earnings per man hour, of two percent per annum. The implication of this is that those elements of cost or benefit which are based on real earnings should be compounded forward for future years at an annual rate of two percent.

Another cost element which may change in real terms is the price of fuel. In this study we use predictions of motor gasoline prices developed by Energy Canada for the National Energy Policy.

4.2 The Choice of Discount Rate

If a project generates a time stream of benefits, then we need to discount benefits in future years to determine the Present Value of the benefit stream. Hence we would use the standard Present Value formula

$$PV = \sum_{i=o}^{n} \left[\frac{Bi}{(1+r)^i} \right] \qquad (1)$$

where PV = is the value of the benefit stream from years 0 to n

Bi = benefits in year i

r = discount rate (i.e., 10% is written as 0.10)

n = number of years for which the project is expected to provide this stream of benefits.

It should be noted that since (as outlined in section 4.1 of this chapter) we are valuing all benefits and costs at constant (1980) prices, the appropriate rate of discount to use will also be in real terms. Rates of interest are usually quoted in monetary (or "nominal" terms). Thus if I lend $100 at a quoted interest rate of 20 percent, at the end of one year I would receive back $120. But if in the meantime the general price level has risen by 10 percent then the $120 will buy fewer goods and services than it would have done when I lent out the original sum. Hence the real rate of interest I have earned is approximately 10 percent. The relationship between real and monetary rates, and the rate of inflation, is given by the formula:

$$r \simeq i - p \qquad (2)$$

$$\text{or} \quad i \simeq r + p \qquad (3)$$

where r is the rate of interest or discount in real terms
i is the monetary (or nominal) rate of interest or discount
p is the annual rate of inflation.

For purposes of practical appraisal the approximation sign in equations (2) and (3) can safely be treated as an exact equality.

The choice of the actual real rate of discount to use in projects in the public sector of the economy is a tricky matter which has generated a considerable amount of debate. Basically, we are concerned with the choice of a social rate of discount, the objective of which is to ensure an optimal allocation of resources between investment and consumption, and, within the investment sector, between private and public investment and between different types of public investment. The Canadian Treasury Board guide on the application of benefit-cost analysis techniques recommends using a range of real discount values of 5, 10 and 15 percent to test the sensitivity of project results to the choice of discount rate [48]. There is also an indication in the report that the preferred value is 10 percent. The rationale for this value in the guide was that it gave an indication of the real rate of return which could be earned by investing elsewhere in the Canadian economy. In other words, the opportunity cost of investing in a particular public project is the return which could have been got if the funds had instead been invested elsewhere in the economy. A study by

Jenkins had estimated the weighted social rate of return on capital in Canada over the period from 1965 to 1969 to be approximately 9.5 percent, and so the Treasury Board took this value to reflect the social opportunity cost of capital (or SOC) rate of discount. However, Jenkins also estimated that the social rate of return in manufacturing had been 15.1 percent, and so this justified the use of a higher value of 15 percent in sensitivity analysis.

Jenkins' figures, and the Treasury Board's interpretation of them, have since been criticized by Sumner [45], who argued that for a number of reasons the rates appear too high. Jenkins' defence of his figures [22] and Sumner's response [46] do suggest that a figure of 10 percent may indeed be on the high side and so in this study we use real discount rates of five and 10 percent to test the sensitivity of our results to the choice of discount rate.

4.3 Length of Project Life

Grade separations are structures with long physical lives and so the problem arises in determining the length of time frame within which benefits should be calculated. (This is the same as the value of n in equation (1) above.) We choose a project life of 30 years. Similar values are often taken in studies of the benefits of other highway investment projects, and are a reflection more of an allowance for the risk of technological obsolescence rather than an estimate of the actual physical life of the structure.

Results of the appraisal will not be particularly sensitive to the assumed value of n since the effect of discounting is to place a low weight on costs or benefits which occur far into the future. Thus the present value of $100 accruing 30 years hence is $23.14 at a five percent discount rate and $5.73 at a 10 percent discount rate. For a sum of $100 accruing 40 years in the future, the present value at five percent per year is $14.21 and at 10 percent per year is $2.21.

Chapter 5

VALUATIONS IN THE ANALYSIS OF THE BENEFITS OF GRADE SEPARATION PROJECTS

This chapter outlines the rationale for the monetary values used in our evaluation of the different benefits of grade separations. As noted in chapter three, Transport Canada's program [18] estimates accident savings and traffic delay reductions which follow from the elimination of grade crossings or from reducing highway traffic flow across grade crossings. The program enables the analyst to input his own unit cost values for accident costs for train-involved and non-train-involved accidents, for time values, for fuel costs, and for tire costs. This chapter considers each of these in turn, under the two broad headings of 5.1. Accident Reduction Benefits, and 5.2. Vehicle Delay Reduction Benefits.

5.1 Accident Reduction Benefits

5.1.1 Introduction

Monetary estimates of the cost of motor vehicle accidents have been made for a number of years. In Britain, the methodology used was outlined in a 1967 report [11], and figures are updated and published annually [52]. In the United States, the most detailed estimates were made in a 1975 study by the National Highway Traffic Safety Administration [14]. In Canada, cost estimates for 1976 were published in 1978 by J.J. Lawson of Transport Canada [24]. The rationale for the figures used was outlined in his report.

The main costs considered in all such studies are:

a) Cost of loss of life;
b) Cost to the economy of lost output of those temporarily or permanently incapacitated by injury;
c) Ambulance, hospital and other medical costs;
d) Costs of property damage, largely to road vehicles; and
e) Administrative costs, including costs of administering vehicle insurance schemes and costs of police in dealing with highway accidents.

Other costs, such as delay costs to other road users as a result of accidents may also be considered (see [14]).

The above methodology can also be applied to rail accidents, or to accidents involving both road and rail vehicles.

Obviously, the most contentious issue in these studies is the valuation of the loss of life which occurs as a result of accidents. The most commonly used method to do this in the past has been to measure the contribution which the victims would have made in terms of their expected lifetime earnings, suitably discounted, and adjusted to take account of probabilities of death from other factors. Hence, this method values an individual's contribution to society in terms of the output he would have produced had he survived the accident. This is the method used in the studies noted above. However, in an influential paper published in 1971 E.J. Mishan [27] pointed out that this lost output measure does not provide a correct valuation of the benefits of accident reduction.

Mishan argued that the appropriate value of life should be determined by reference to the changing risk of loss of life. This is because it is impossible to tell in advance of an accident whose life will be involved. So a policy such as the elimination of a grade crossing, which reduces the probability of an accident, represents a benefit in the form of a reduction in the probability of death or injury for all the population who are at risk. Mishan argued that this can be measured by the sum of the population's compensating variations, where an individual's compensating variation is the maximum sum he would be prepared to pay to achieve a given reduction in the risk of death to himself or to his relatives and friends.

What Mishan's proposal means is that we should not view valuation of loss of life as putting a monetary value on a particular person's life. We cannot (and would not want to) say that F. Smith is worth $1.2 million but J. Bloggs is only worth $27.63. Instead, what we are dealing with is the amount of money society is prepared to pay to reduce risks of loss of life by certain predictable amounts, in circumstances where:

a) resources to save lives are not infinite and society clearly does not choose to devote all of its resources to risk-reducing activities such as health care and improvement of safety devices; and

b) the risk to any particular individual is usually very small, in circumstances where individuals do commonly take such small risks (such as those involved in choosing to take a holiday by air, or take a pleasure trip by auto, or go skiing, rather than stay at home).

Hence, what we are trying to value is a very small change in the risk of loss of life to each of the affected population. As Bailey has noted: "the pertinent 'value of life saved' is simply a shorthand way to represent the total amount of benefits enjoyed by all of the population whose risk is

reduced, scaled for convenience in units of life saved" [1, p. 19]. If it proved possible to value these risks in a satisfactory way, then the resultant values could be used to improve decision making and resource allocation in this field. Thus the result of valuation can be that more lives are saved than would otherwise be the case.

The problem, of course, is one of valuation. While Mishan's original paper was purely theoretical, many empirical studies have now been made using the approach which he suggested. The most successful have been those which have looked at peoples' actual behaviour in risky situations. In particular, when people choose between more or less risky occupations, they may be choosing to take a risky job in order to earn more money. For example, suppose that an individual is indifferent between two jobs, in one of which there is a one in 1 000 greater risk of fatality per annum. Suppose also that this riskier job would pay an extra $250 per annum. The individual would then be prepared to accept $250 for incurring the risk. If we now take 1 000 such workers, then if in any year all 1 000 took the riskier job, as a group they would be $250 000 better off, but the chances are that one of them would be killed. On the other hand, if they all decided that it was just not worth accepting the risk and they worked in the less risky occupation, then as a group they are $250 000 worse off but one life has been saved. In other words, they have been prepared to pay $250 000 to save a life, and the value of life, i.e., the amount per death avoided, is equal to:

$$X = \text{amount per death avoided} = \frac{\text{extra annual wage for the risky job}}{\text{extra annual risk for the risky job}}$$

$$= \frac{\$250}{0.001} = \$250\ 000$$

By a careful study of earnings and risk differences in different occupations, it might be possible to elucidate such valuations, and this has been attempted in a number of published studies, mainly in the U.S.A. A survey of the results of these studies has recently been made by Bailey [1], who argued that the best study was that undertaken by Thaler and Rosen [47]. Bailey made a number of adjustments to Thaler and Rosen's results to take into account some criticisms of their methodology and to value the results at 1978 U.S. dollars. The values which resulted were in a range of "low" $170 000, "intermediate" $303 000, and "high" $584 000. These are shown in column (1) of table 5.1. These values are consistent with the results of another study of risk valuations from labour market data, by Dillingham [12], but are lower than results of studies by Smith [37], and by Viscusi [57]. In his monograph, Bailey explains why he believes that the latter figues are less reliable.

An alternative approach to risk valuation which also looks at actual behaviour has been adopted by Blomquist [4] who compared reduced risk from wearing seat belts with the increased time costs of fastening them. While this study is more open to criticism than the earnings studies (see Needleman [29]), Bailey also presents Blomquist's results at 1978 U.S. dollars. The results are values in a range of "low" $256 000, "intermediate" $409 000, and "high" $715 000. These are shown in column (2) of table 5.1.

Bailey notes the similarity between the Thaler/Rosen and Blomquist estimates and combines them to give a combined range of valuations of "low" $170 000; "intermediate" $356 000; and "high" $715 000. These are shown in column (C) of table 5.1. In columns (D) and (E) we adjust them from 1978 U.S. dollars to 1980 Canadian dollars and increase them by two percent per annum in real terms to take account of real productivity growth. Finally in column (F) they are rounded. This gives us Canadian 1980 valuations per life saved in a range of "low" $250 000, "intermediate" $500 000 and "high" one million dollars. It is proposed only to use the latter two in valuation. However, the benefit-cost results to be presented later can be adjusted to allow for a higher (or lower) valuation if desired.

It should be noted that these results do give higher valuations of life saving than the lost output method. The lost output method used in Lawson's study of road accident costs [24, p. B80] yields a value of lost output for the average road accident victim, adjusted to 1980 real values, of $190 000 (using a 10 percent discount rate). Blomquist [5] has recently outlined in detail why this result is to be expected, and has argued that valuations of life used in decisions concerning projects which reduce risk should be based on valuations greater than those derived from estimates of future earnings.

5.1.2 Train-Involved Accidents

We now consider unit costs per accident of grade crossing accidents involving trains. Costs are divided into five categories:

a) Reduction in risk of loss of life,
b) Reduction in output losses through injury incapacitation,
c) Medical costs saved,
d) Property damage costs to railway avoided, and
e) Property damage costs to road vehicles, including administrative costs of insurance schemes, avoided.

In order to estimate per unit costs of accidents we need to know the average number of casualties for grade crossing accidents. In 1980 there were 321 grade crossing accidents on

Table 5.1

VALUATION OF REDUCED RISK OF LOSS OF LIFE

Value	Thaler & Rosen	Blomquist	Bailey's combined range of Thaler/Rosen and Blomquist			
	$ US 1978 (A)	$ US 1978 (B)	$ US 1978 (C)	$* US 1980 (D)	$ Can 1980 (E)	$ Can 1980, rounded (F)
Low	170 000	256 000	170 000	209 712	245 195	250 000
Intermediate	303 000	409 000	356 000	439 162	513 468	500 000
High	584 000	715 000	715 000	828 026	1 031 265	1 000 000

* Assuming 2 % per annum increase in real terms, and allowing for inflation between 1978 and 1980.

Source: See text for explanation.

CP Rail. Of these, 27 involved fatalities and 97 involved non-fatal injuries.* The average casualties per fatal accident were 1.19 fatalities and 0.33 injuries. The average number of people injured per injury accident was 1.36. We use these figures because they are consistent with other evidence. They are consistent with the total number of grade crossing accidents and casualties for all Canadian railways in 1979 [6]. Furthermore, in 1978 and 1979 the figures for average fatalities per fatal grade crossing accident in the U.S.A. were 1.23 and 1.22 respectively, while average injuries per injury accident were about 1.3 in both years [55].

With an average 1.19 fatalities per fatal accident, the average reduction in risk of loss of life figure will be $595 000 for the "intermediate" and $1 190 000 for the "high" values for life saving. These figures are shown in tables 5.2 and 5.3 respectively. These two tables differ from each other only in including these two different valuations.

For people injured in grade crossing accidents, there will be a loss of output during the period of their incapacitation. It has been estimated that such losses amount to roughly $1 000 per road accident victim at 1976 Canadian dollars [24, p. B81]. Adjusting this to real 1980 values, we get a figure per injured victim of $1 500. This is multiplied by the average number of injured victims per grade crossing accident to yield the lost output figures in tables 5.2 and 5.3.

The same source [24, pp. 881-83] has been used to value savings in health costs. Lawson's report used data on health care costs in Ontario and Québec to derive estimates of average medical costs per road accident victim in 1976 of $300 in Ontario and $750 in Québec. In 1980 real terms these equal $450 and $1 125 respectively. Apparently the large difference between these two figures partly reflects a wider definition of "victim" in the Ontario figure. Lawson's report suggests using an approximate average figure per victim of $500 at 1976 prices, or $700 at real 1980 values, for Canada as a whole. This is probably on the high side. A detailed study of medical costs of road accidents in the States yields an average cost per injury of $460 in 1980 Canadian dollars [14]. Equivalent 1980 medical cost figures for Great Britain are in the $450-$500 range [52]. Consequently, we use the Ontario figure of $450 per victim in our study. Again, this has to be multiplied by the average number of victims per grade crossing accident to yield the "Medical costs saved" figures in tables 5.2 and 5.3.

Property damage costs are divided into those imposed on railway track and equipment, and those imposed on highway vehicles. For the former, records of property damage costs of grade crossing accidents on CP Rail in 1980 reveal that for the

---

* This accounts for the inclusion of costs due to injuries in our figures for accidents involving fatalities.

321 accidents occurring in 1980, average railway damage costs per accident were $5 843. This figure conceals wide variations from accident to accident, since in most cases property damage to trains is small. On the other hand, some grade crossing accidents can cause very high damage costs indeed to both train and track if the train is derailed. In 1980, CP reported total property damage cost of highway crossing accidents of $1.875 million, but one of the 321 accidents accounted for 45 percent of this total, and another two for a further 33 percent. There was a clear tendency for higher damage costs to be associated with the more severe (in terms of injuries) accidents. Thus the average railway property damage costs for fatal accidents was $46 800; for non fatal injury accidents $5 030; and for damage only accidents $630. This is the form in which we require the figures, but the accident record of very severe accidents for CP in 1980 might be untypical. In the U.S. all railways are required to report the costs of damage to railway property where total costs exceed a certain figure (in 1979 $2 900). For highway grade crossing accidents in the five years from 1975 to 1979, these damage costs averaged $43 000 per accident in 1980 Canadian dollars [54]; the equivalent figure from the 1980 CP records was $71 800. Hence our estimates of railway property damage costs may be on the high side. The U.S. figures do not enable one to distinguish between damage costs in fatal, injury and damage only accidents, nor do they provide any information on the much larger number of accidents which involve less than $2 900 damage.

Damage costs to road vehicles are derived from Lawson's report [24, p. B77]. On the basis of detailed information from insurance records, this report gives average vehicle damage costs which, at 1980 Canadian dollars, amount to $7 000 for a fatal accident, $3 500 for an injury accident, and $1 800 for a damage only accident. Using these figures for grade crossing accidents would yield a higher damage cost for an average grade crossing accident than for an average road accident because of the higher proportion of the former which involve fatalities. Further, the figures are consistent with U.S. evidence of vehicle damage costs incurred specifically in grade crossing accidents. The Federal Railroad Administration Grade Crossing Accident/Incident Report form requires an estimate to be made of vehicle damage costs. In the three years from 1978 to 1980, the costs averaged $2 732 per accident in 1980 Canadian dollars [55]. If we multiply our assumed Canadian figures by weights from CP records reflecting the proportion of grade crossing accidents which are fatal, injury, or damage only, we get a figure of $2 751.* Hence the average vehicle damage cost estimates for all road accidents given above are used in tables 5.2 and 5.3.

---

* $[(7 000 x 0.0841) + (3 500 x 0.3022) + (1 800 x 0.6137)] = $2 751.06

Table 5.2

AVERAGE COST PER ACCIDENT: TRAIN-INVOLVED ACCIDENTS
("INTERMEDIATE" VALUATION OF REDUCED RISK OF LOSS OF LIFE)
1980 CANADIAN DOLLARS

Type of benefit	Type of Accident					
	Fatal injury		Non-fatal injury		Property damage only	
	$	%	$	%	$	%
Reduction in risk of loss of life	595 000	91.51	0	0.00	0	0.00
Reduction in output losses through injury incapacitation	495	0.08	2 040	18.25	0	0.00
Medical costs saved	685	0.11	610	5.46	0	0.00
Property damage to railway avoided	46 800	7.20	5 030	44.99	630	25.93
Property damage to road vehicles avoided	7 000	1.08	3 500	31.31	1 800	74.07
Total	650 000	100.00	11 200	100.00	2 430	100.0

Source: See text for explanation.

Table 5.3

AVERAGE COST PER ACCIDENT: TRAIN-INVOLVED ACCIDENTS
("HIGH" VALUATION OF REDUCED RISK OF LOSS OF LIFE)
1980 CANADIAN DOLLARS

Type of benefit	Type of Accident					
	Fatal injury		Non-fatal injury		Property damage only	
	$	%	$	%	$	%
Reduction in risk of loss of life	1 190 000	96.56	0	0.00	0	0.00
Reduction in output losses through injury incapacitation	495	9.04	2 040	18.25	0	0.00
Medical costs saved	685	0.06	610	5.46	0	0.00
Property damage to railway avoided	46 800	3.76	5 030	44.99	630	25.93
Property damage to road vehicles avoided	7 000	0.58	3 500	31.31	1 800	74.07
Total	1 245 000	100.00	11 200	100.00	2 430	100.00

Source: See text for explanation.

5.1.3 Non-Train-Involved Accidents

The costs of these accidents can be measured using the same methods and valuations as were outlined in the previous two sections. As with train involved accidents, we provide separate estimates for the "intermediate" and "high" valuations of the benefits of reduction in risk of loss of life. These are shown in tables 5.4 and 5.5 respectively.

The additional information we require is the average number of casualties per accident for non-train-involved grade crossing accidents. We assume that these rates are the same as for all other road accidents. In 1974-1976 the average fatal road accident in Canada involved 1.19 fatalities and 1.05 non-fatal injuries, while the average non-fatal injury accident involved 1.45 injured victims [24, p. B83]. These are the figures we use to derive the cost estimates shown in tables 5.4 and 5.5.

The property damage to road vehicle figures in tables 5.4 and 5.5 for fatal, non-fatal injury, and property damage only accidents, are the average figures for all Canadian road accidents. It was possible to check these figures against data supplied by Alberta Transportation on estimated highway vehicle damage costs of accidents in Alberta in 1979 and 1980 which involved highway vehicles, but not railroad on-track equipment, at or near rail-highway grade crossings. The implied figures at 1980 prices for average highway vehicle damage costs per non-train involved grade crossing accident are:

	1979	1980
Alberta Transportation data	$1 980	$2 200
Lawson [24] estimates weighted by actual proportions of fatal, injury and damage accidents in non-train-involved grade crossing accidents in Alberta	$2 137	$2 220

The closeness of the figures for each year to each other suggests that it is legitimate to use Lawson's estimates in valuing vehicle damage in non-train-involved grade crossing accidents.

5.2 Vehicle Delay Reduction Benefits

5.2.1 Time Savings

A major benefit of highway investment is the time savings which result for road traffic. As a result, a considerable amount of work has been carried out on the valuation of such time savings. The results of these studies have been neatly surveyed and summarized by Hensher [21].

Table 5.4

AVERAGE COST PER ACCIDENT: NON-TRAIN-INVOLVED ACCIDENTS
("INTERMEDIATE" VALUATION OF REDUCED RISK OF LOSS OF LIFE)
1980 CANADIAN DOLLARS

Type of benefit	Type of Accident					
	Fatal injury		Non-fatal injury		Property damage only	
	$	%	$	%	$	%
Reduction in risk of loss of life	595 000	98.41	0		0	
Reduction in output losses through injury incapacitation	1 575	0.26	2 175	34.36	0	
Medical costs saved	1 010	0.17	655	10.35	0	
Property damage to railway avoided	-	-	-	-	-	
Property damage to road vehicles avoided	7 000	1.16	3 500	55.29	1 800	
Total	604 600	100.00	6 330	100.00	1 800	

Source: See text for explanation.

Table 5.5

AVERAGE COST PER ACCIDENT: NON-TRAIN-INVOLVED ACCIDENTS
("HIGH" VALUATION OF REDUCED RISK OF LOSS OF LIFE)
1980 CANADIAN DOLLARS

Type of benefit	Type of Accident					
	Fatal injury		Non-fatal injury		Property damage only	
	$	%	$	%	$	%
Reduction in risk of loss of life	1 190 000	99.20	0		0	
Reduction in output losses through injury incapacitation	1 575	0.13	2 175	34.36	0	
Medical costs saved	1 010	0.08	655	10.35	0	
Property damage to railway avoided	-	-	-	-	-	
Property damage to road vehicles avoided	7 000	0.58	3 500	55.29	1 800	
Total	1 199 600	100.00	6 330	100.00	1 800	

Source: See text for explanation.

Broadly, time savings can be broken into two major types: (a) savings during working time, and (b) savings in non-working time. The latter category includes savings which occur while commuting to and from work.

It is generally assumed that savings which occur during working time (such as savings to truck drivers or to employees travelling on business) can be put to productive use. If so, there is a saving to the employer which can be valued at the rate at which the employer is prepared to pay for his employee's productive services (since a rational employer would only hire employees as long as the benefit which he got from their services was at least equal to the cost of employing them). The rate at which the employer pays for services is equal to the earnings which the employee receives (inclusive of tax) plus employer's overhead in the form of contributions to pension plans and to welfare and benefit plans. Hence it is the net cost to the employer of hiring the worker which is relevant.

The values of non-working time savings are more difficult to determine, since there is no direct market for leisure time. However, individuals often do have the choice of spending money to save time (for example, by paying more to travel on an express bus), and so by observing behaviour in such circumstances it is possible to discover how much people might be prepared to pay to save particular amounts of travel time in different circumstances. This approach was pioneered by Beesley [3] in a study of civil servants in London, and a more sophisticated statistical approach was later developed by Quarmby [32]. A number of other such studies have been carried out and, as Hensher observes, although their results "are by no means unequivocal, ... certain broad, generally accepted principles have emerged" [21, p. 33].

The main such principle is that non-working time savings appear to be valued at somewhere between 20 and 50 percent of the time savers' income level, with a higher valuation put on savings in time spent waiting or walking than on time spent actually in the vehicle. There does therefore appear to be a positive relationship between time saving valuation and income, with higher income individuals placing a higher monetary valuation on a minute saved than lower income individuals. On the basis of Beesley and Quarmby's results, Frankena [17, p. 17] has suggested using a valuation for non-working time savings in Canadian cities of between $1.20 and $3.00 an hour at 1976 prices; this is based on an average wage rate for motorists in Canada of about six dollars an hour at that time.

Direct evidence on Canadian values is also available from studies by Gaudry in Montréal [19] and Sargious and Bee in Calgary [34]. Both studies found waiting and walking time to be

valued more highly than in-vehicle time. Using 1970 data from Montréal, and what he termed his CL model, Gaudry found values of in-vehicle time of $1.08 per hour for transit passengers and $1.11 per hour for auto users. These values are around 30 percent of average wage rates in Montréal at that time. Sargious and Bee used 1976 data for Calgary and found values of in-vehicle time of $2.04 per hour for travellers from one car households and $4.97 per hour for travellers from (presumably richer) two or more car households. These Canadian values are all consistent with the ranges of earning percentages discussed above.

To test the sensitivity of our results to the assumed value of time savings, we propose to use a "low" value, equal to 25 percent of 1980 earnings, and a "high" value, equal to 40 percent of earnings, to value non-working time savings.

In 1980, average weekly earnings in Canada for wage and salary employees in all industries, including mining, manufacturing, construction and services, were $317.38 [42]. Average hours worked are not available for all industries. However, in 1980 the average weekly figure for mining was 41 hours; for manufacturing was 38 1/2 hours; and for construction was 39 hours [42]. Allowing for a standard 37 1/2 hour working week in many parts of the service sector, we assume an average 38 hours worked per week. This yields average hourly earnings of $8.35.

Values of working time also include overhead costs in the form of contributions to pension and welfare and benefit plans. Detailed information on such payments is available from the 1976 and 1978 Labour Costs Surveys. In 1976 and 1978 these payments were equal to 8.78 percent and 9.35 percent respectively of total direct payments to employees in those years [41, p. 19]. Consequently we increase hourly earnings by nine percent to get an average value of working time savings in 1980 of $9.10 per hour. This figure is used to value working time savings to auto users and bus users travelling during work time.

For drivers of trucks and buses, we use a slightly higher figure of $10.10 per hour. This is based on the higher average weekly earnings in those industries; in 1980 average weekly earnings in the trucking industry were $354.06, and in the rural/interurban bus industry $350.02, per week [42].

For non-working time savings, we take either 25 or 40 percent of the average earnings figure of $8.35 per hour. This yields a value of $2.09 per hour for our "low" value for non-working time savings and $3.34 for our "high" value.

The values of travel time per hour, and per minute, are summarized in table 5.6. In order to complete valuations, it is necessary to assume the percentage of auto users who are

Table 5.6

VALUES OF TIME SAVINGS

Type of highway user and and time saving	Valuation of time saving	
	$ per hour	Cents per minute
Working time:		
Automobile drivers	9.10	15.2
Automobile passengers	9.10	15.2
Bus drivers	10.10	16.8
Bus passengers	9.10	15.2
Truck drivers	10.10	16.8
Non-working time:		
All travellers; "low" value	2.79	3.5
"high" value	3.34	5.6
Composite values:*		
Auto drivers and passengers, "low" value	2.79	4.7
"high" value	3.92	6.5
Bus passengers, "low" value	2.79	4.7
"high" value	3.92	6.5

* Assuming 10% are travelling in working time and 90% in leisure time

Source: See text for explanation.

travelling during work time, in order to derive the composite value for auto time savings to be fed into the computer program. If information were available from a traffic survey of a particular crossing, then the "low" value of time savings for auto users could be derived as:

"Low" value per hour = (proportion of auto users during work time) $9.10 +

(proportion of auto users in leisure time) $2.09.

However, such information is not likely to be available for many schemes. In Ontario, traffic surveys in recent years have derived the proportions of travellers in work and leisure journeys shown in table 5.7. However, work journeys include journeys commuting to and from work. Hence the proportion of journeys in work time will be less than 32-45 percent, and probably much less. Consequently, we assume that an average 10 percent of automobile users will be travelling during work time. Using the above formula we derive a composite "low" value of time savings for auto users of $2.79 per hour and a composite "high" value of $3.92 per hour.

The time values summarized in table 5.6 are 1980 values at 1980 prices. Since real earnings are likely to rise through time so too will the real assumed values of time. As noted in chapter 4, real earnings can be expected to grow at the same rate as the growth of real productivity per head, which we have assumed on the basis of past experience will grow at two percent per annum. The time values in table 5.6 should therefore be compounded forward to future years at this annual rate.

5.2.2 Fuel Savings

For fuel prices, we use the predictions of motor gasoline prices developed by Energy Canada under the National Energy Policy. These predictions were supplied by Dr. Ram Sahi of the Energy Strategy Division. They are shown in table 5.8 at 1980 prices. The Energy Canada predictions relate to the period 1981 to 1990 and are an average for all Canada. On the advice of Energy Canada, they incorporate an allowance for a $5.40 a barrel increase in the price of oil in 1981 which was unforeseen when the original predictions were made. For the period beyond 1990 we have extrapolated the predictions to the year 2001 by assuming there will be a further one cent a litre increase in the real price of gas per annum. This implies a 67 percent increase in the price of gas in real terms over the twenty years from 1981 to 2001.

It should be noted that actual gas prices are published in Statistics Canada's surveys of consumer prices [40]. These

Table 5.7

PURPOSE OF JOURNEY: AUTOMOBILE USERS IN ONTARIO

Region of Ontario	Journey purpose	
	Work (including commuting) (%)	Non-work (%)
Southwestern	40	60
Central	45	55
Eastern	40	60
Northern	33	67
Northwestern	32	68

Source: Information from Ministry of Transportation and Communications, Ontario.

Table 5.8

PREDICTIONS OF MOTOR GASOLINE PRICES, CANADA AVERAGE
1980 PRICES

Year	Price ($ per litre)	Year	Price ($ per litre)
1981	0.30	1992	0.41
1982	0.32	1993	0.42
1983	0.33	1994	0.43
1984	0.34	1995	0.44
1985	0.35	1996	0.45
1986	0.36	1997	0.46
1987	0.37	1998	0.47
1988	0.38	1999	0.48
1989	0.38	2000	0.49
1990	0.39	2001	0.50
1991	0.40	2002	0.51

Source: 1981-1988, 1990; Information supplied by Energy Canada
1989, 1991-2001; author's extrapolation.

surveys provide information on prices of gas each month in the major Canadian cities. Prices are published for the following categories:

Regular/leaded/self-service
Regular/unleaded/self-service
Premium/unleaded/self-service
Regular/leaded/full service
Regular/unleaded/full service
Premium/unleaded/full service.

Taking the average of all six categories for all twelve months of 1980 we find a value of 27.8 cents a litre in Toronto and 28.2 cents a litre in Montréal.

5.2.3 Tire Wear Savings

Unit costs of tires are taken from information on average tire prices supplied by the Ontario Ministry of Transportation and Communications. For automobiles in mid 1981 the cost of a polyester tire for an average size car was equal to $51. A telephone survey of five Ottawa tire suppliers in early July 1981 yielded a similar figure of $48.50. These two figures were averaged and then adjusted down by 10 percent to allow for inflation between mid 1980 and mid 1981. The resultant figure of $45 per tire was then used in our evaluation of tire wear benefits from eliminating grade crossings.

For single unit trucks we used a figure of $70 per tire and for combination trucks $110 per tire. These figures are based on the Ontario information, adjusted to allow both for the common practice of retreading, and for inflation between mid 1980 and mid 1981.

Chapter 6

COST APPORTIONMENT FOR NEW GRADE SEPARATION CONSTRUCTION

In this chapter, we analyse the benefits of a number of grade separation projects financed under UTAP. These projects are new construction projects which replace existing grade crossings. They were selected from a sample of UTAP schemes and are intended to provide a representative cross-section of different types of situations.* Our purpose in analysing these schemes is to show how the alternative rationales for cost apportionment discussed in chapter two of this report, and the methods for analyzing the implications of these rationales discussed in chapters 3 to 5, can be used to investigate the implications of different cost apportionment principles. In the following chapter, we use the same principles to deal with the question of cost apportionment in reconstruction schemes, again using representative (reconstruction) projects from the sample of UTAP schemes.

6.1 Method of Analysis

We estimate benefits of grade separation schemes over a thirty year period** using alternative discount rates of five and 10 percent.*** For each scheme, we assume construction starts in year zero. For a scheme, expected to take two years to build, construction costs will be spread evenly over years zero and one. Benefits would then accrue in years two to 30. Anticipated construction costs were taken from CTC files and so do not take account of possible over or under estimation of actual construction costs.

Because the version of the Transport Canada program used estimate benefits for a single year, we estimated annual benefits for each project in three or four individual years in the twenty year period after construction. This was done by using the computer program to estimate vehicle delay reduction benefits and train-involved accident reduction benefits for these years. The program's accident predictions were then used to calculate non-train-involved accident costs**** and train delay costs***** in these years. Benefits for other years

---

* See Appendix B for a listing of UTAP schemes.

** See p. 35.

*** See pp. 33-35.

**** See pp. 23-24.

***** See pp. 25-28.

Table 6.1

DISCOUNTED PRESENT VALUE OF PROJECTS, MILLION DOLLARS, 1980 PRICES

Project	Types of benefit: Accident Reduction	Highway Delay Reduction	Train Delay Reduction	Crossing Maintenance Reduction	Total Benefits	Capital Costs
SHORNCLIFFE ROAD, NO GO						
5 % discount rate, low time, intermediate life value	0.27	1.72	0.03	0.09	2.11	5.75
10 % discount rate, low time, intermediate life value	0.15	0.89	0.02	0.05	1.11	5.67
5 % discount rate, low time, high life value	0.48	1.72	0.03	0.09	2.32	5.75
10 % discount rate, low time, high life value	0.27	0.89	0.02	0.05	1.23	5.67
5 % discount rate, high time, intermediate life value	0.27	1.84	0.03	0.09	2.26	5.75
10 % discount rate, high time, intermediate life value	0.15	0.97	0.02	0.05	1.19	5.67
5 % discount rate, high time, high life value	0.48	1.87	0.03	0.09	2.47	5.75
10 % discount rate, high time, high life value	0.27	0.97	0.02	0.05	1.30	5.67
SHORNCLIFFE ROAD, WITH GO						
5 % discount rate, low time, intermediate life value	0.28	1.78	0.03	0.09	2.18	5.75
10 % discount rate, low time, intermediate life value	0.16	0.92	0.02	0.05	1.15	5.67
5 % discount rate, low time, high life value	0.49	1.78	0.03	0.09	2.39	5.75
10 % discount rate, low time, high life value	0.28	0.92	0.03	0.05	1.27	5.67
5 % discount rate, high time, intermediate life value	0.28	1.94	0.03	0.09	2.34	5.75
10 % discount rate, high time, intermediate life value	0.16	1.00	0.02	0.05	1.23	5.67
5 % discount rate, high time, high life value	0.49	1.94	0.03	0.09	2.56	5.75
10 % discount rate, high time, high life value	0.28	1.00	0.02	0.05	1.35	5.67
BRONTE ROAD, NO GO						
5 % discount rate, low time, intermediate life value	0.17	3.67	0.14	0.08	4.05	4.88
10 % discount rate, low time, intermediate life value	0.10	1.85	0.07	0.04	2.07	4.82
5 % discount rate, low time, high life value	0.29	3.67	0.14	0.08	4.17	4.88
10 % discount rate, low time, high life value	0.18	1.85	0.07	0.04	2.15	4.82
5 % discount rate, high time, intermediate life value	0.17	3.93	0.14	0.08	4.31	4.88

Table 6.1 (Cont'd)

	Types of benefit					
BRONTE ROAD, NO GO (Cont'd)	Accident Reduction	Highway Delay Reduction	Train Delay Reduction	Crossing Maintenance Reduction	Total Benefits	Capital Costs
10 % discount rate, high time, intermediate life value	0.10	1.98	0.07	0.04	2.19	4.82
5 % discount rate, high time, high life value	0.29	3.93	0.14	0.08	4.43	4.88
10 % discount rate, high time, high life value	0.18	1.98	0.07	0.04	2.27	4.82
BRONTE ROAD, WITH GO						
5 % discount rate, low time, intermediate life value	0.19	3.93	0.24	0.08	4.44	4.88
10 % discount rate, low time, intermediate life value	0.11	1.98	0.13	0.04	2.26	4.82
5 % discount rate, low time, high life value	0.32	3.93	0.24	0.08	4.57	4.88
10 % discount rate, low time, high life value	0.19	1.98	0.13	0.04	2.34	4.82
5 % discount rate, high time, intermediate life value	0.19	4.22	0.24	0.08	4.73	4.88
10 % discount rate, high time, intermediate life value	0.11	2.13	0.13	0.04	2.41	4.82
5 % discount rate, high time, high life value	0.32	4.22	0.24	0.08	4.86	4.88
10 % discount rate, high time, high life value	0.19	2.13	0.13	0.04	2.49	4.82
GARDINERS ROAD						
5 % discount rate, low time, intermediate life value	0.46	3.96	0.26	0.10	4.77	4.43
10 % discount rate, low time, intermediate life value	0.26	2.02	0.14	0.05	2.48	4.37
5 % discount rate, low time, high life value	0.79	3.96	0.26	0.10	5.10	4.43
10 % discount rate, low time, high life value	0.46	2.02	0.14	0.05	2.67	4.37
5 % discount rate, high time, intermediate life value	0.46	4.28	0.26	0.10	5.10	4.43
10 % discount rate, high time, intermediate life value	0.26	2.19	0.14	0.05	2.64	4.37
5 % discount rate, high time, high life value	0.79	4.28	0.26	0.10	5.34	4.43
10 % discount rate, high time, high life value	0.46	2.19	0.14	0.05	2.84	4.37
ELLESMERE ROAD						
5 % discount rate, low time, intermediate life value	1.20	7.28	0.01	0.05	8.54	7.67
10 % discount rate, low time, intermediate life value	0.69	3.71	0.01	0.03	4.44	7.36
5 % discount rate, low time, high life value	2.18	7.28	0.01	0.05	9.52	7.67
10 % discount rate, low time, high life value	1.26	3.71	0.01	0.03	5.00	7.56

Table 6.1 (Cont'd)

	Types of benefit					
ELLESMERE ROAD (Cont'd)	Accident Reduction	Highway Delay Reduction	Train Delay Reduction	Crossing Maintenance Reduction	Total Benefits	Capital Costs
5 % discount rate, high time, intermediate life value	1.20	7.63	0.01	0.05	8.89	7.67
10 % discount rate, high time, intermediate life value	0.69	3.89	0.01	0.03	4.62	7.56
5 % discount rate, high time, hign life value	2.18	7.63	0.01	0.05	9.87	7.67
10 % discount rate, high time, high life value	1.26	3.89	0.01	0.03	5.19	7.56
BURLINGTON STREET						
5 % discount rate, low time, intermediate life value	0.76	12.77	0	0.05	13.58	5.23
10 % discount rate, low time, intermediate life value	0.45	6.59	0	0.03	7.07	5.15
5 % discount rate, low time, high life value	1.36	12.77	0	0.05	14.17	5.23
10 % discount rate, low time, high life value	0.80	6.59	0	0.03	7.42	5.15
5 % discount rate, high time, intermediate life value	0.76	13.44	0	0.05	14.25	5.23
10 % discount rate, high time, intermediate life value	0.45	6.94	0	0.03	7.42	5.15
5 % discount rate, high time, high life value	1.36	13.44	0	0.05	14.85	5.23
10 % discount rate, high time, high life value	0.80	6.94	0	0.03	7.77	5.15

between years one and 20 were then extrapolated from these figures. Hence, our estimates of annual benefits for particular schemes take into account both real rising fuel and time costs, and different anticipated growth rates in highway and train traffic from crossing to crossing. Traffic predictions for periods more than twenty years in the future are obviously more hazardous, so after year 20, annual benefits were assumed to remain constant at their year 20 level.

Reductions in annual crossing maintenance costs were taken from table 3.3 and suitably discounted allowing for our assumed two percent per annum real growth in these costs due to increased real earnings.*

Table 6.1 shows discounted present values for our representative schemes. The present values are presented for our two alternative discount rates (five and 10 percent), for "low" and "high" non-working time values, and for our "intermediate" and "high" values for reductions in risk of loss of life.** The table shows four main types of benefit (accident reduction, highway delay reduction, train delay reduction, and crossing maintenance reduction), the total of these four types of benefit and, finally, anticipated construction costs.

6.2 The Schemes Considered

Before discussing these results we must first provide some background on the representative schemes considered.

Shorncliffe Rd. Subway, Etobicoke, Mileage 10.13, CP Galt Subdivision

This is a section 16 scheme to construct a subway under a four-track rail line. In 1978, the line carried 34 freight trains per day. Rail traffic was expected to increase because of implementation of a GO train commuter service in 1981, although only six extra movements per day were envisaged because of this. Shorncliffe Rd. is an urban collector road with about 11 000 vehicles per day in 1980 with a high proportion of heavy trucks. Traffic growth of two percent per annum is envisaged up to 1995. The crossing would be closed once the subway was built. The railway is senior at the crossing.

In order to consider the impact of a GO train on the benefits of grade separations, we analyzed this scheme both with and without GO trains in operation.

---

* See pp. 28-30.

** See pp. 39-40.

Bronte Rd. Subway, Oakville, Mileage 25.69, CN Oakville Subdivision

This is a section 16 scheme to construct a subway under a two-track rail line. In 1976 the line carried 34 passenger trains (now operated by VIA) and 22 freight trains per day. As with the Shorncliffe Rd. scheme, operation of GO trains is envisaged, but since this would be an extension of the main GO Pickering to Oakville Lakeshore route this would involve an extra 50 passenger train movements per day. This, together with the growth of freight and VIA trains, means an extra two rail tracks are likely to be necessary.

Bronte Rd. is a two-lane major urban arterial road with a daily traffic of 9 500 vehicles in 1978. Traffic growth is anticipated at 8.3 percent per annum between 1978 and 1986. The crossing would be closed once the subway was constructed. The railway is junior at this crossing.

As with the Shorncliffe Rd. scheme, we analysed the benefits of the Bronte Rd. subway both with and without GO trains.

Gardiners Rd. Subway, Frontenac, Mileage 178.05, CN Kingston Subdivision

This is a section 16 scheme to construct a subway under a three-track rail line on a major Toronto-Montreal rail route. In 1977 the line carried 20 passenger trains (VIA) and 30 freight trains per day. The existing level crossing across this line would be eliminated, and so too would be the one-track crossing of Gardiners Rd. and the Cataraqui Spur line. This line carries four freight trains per day and is located 350 feet south of the main crossing.

Gardiners Rd. is a major two-lane arterial route with daily traffic of 14 500 vehicles in 1976. Anticipated traffic growth is 3.6 percent per annum between 1976 and 1997. The railway is junior at the crossing.

Our analysis of this scheme allows for reduction in vehicle delay and accident costs both at the main crossing and at the Cataraqui spur crossing.

Ellesmere Rd. Bridge, Toronto. Mileage 57.02, CN Uxbridge Subdivision

This is a section 16 scheme to construct a bridge over a one-track rail line. The line is lightly trafficked with four passenger movements (on VIA's Toronto-Stouffville service) and four freight switching movements per day in 1977. In contrast with the three previous schemes, no increase in rail traffic or capacity is anticipated with this scheme. However, the bridge will also span a proposed light rail transit line to

Scarborough. No allowance has been made in our calculations for the impact which operation of light rail vehicles would have on traffic on Ellesmere Rd. in the absence of grade separation.

Ellesmere Rd. is a major six-lane arterial roadway with 30 000 vehicles per day in 1978. Projected traffic growth is four percent per annum between 1978 and 1991. The existing crossing would be closed on completion of the bridge. The railway is junior at the crossing.

Burlington St. Bridge, Hamilton-Wentworth, Mileage 0.36, CN Firestone Lead and Mileage 43.37, Toronto, Hamilton and Buffalo Railway, Grimsby Subdivision

This is a section 17 scheme to construct an overhead bridge over a one-track industrial rail spur with 15 to 21 slow speed freights per day in 1979. Many of these occur during peak periods, and a significant increase in this rail traffic is expected.

Burlington St. is a major four-lane arterial road with a high traffic flow of 46 000 vehicles per day in 1979, 16 percent of which were heavy trucks. Projected traffic growth is 2.9 percent per annum between 1979 and 2001. This would give 86 000 vehicles per day by 2001. The overpass scheme is a part of major road construction in the area. The railway is junior at the crossing.

6.3 Analysis of Results

6.3.1 Discounted Present Values

As noted above, discounted present valuer are shown in table 6.1. Discounted benefits exceed discounted costs for the Burlington St. scheme for all combinations of discount rate, value of time, and value of life considered. In contrast, costs exceed benefits for the Shorncliffe Rd. and Bronte Rd. schemes regardless of the particular assumptions we have made. For the Gardiners and Ellesmere Road schemes, benefits exceed costs at a five percent discount rate but not at a 10 percent rate.

The differences in the nature of the crossings to be eliminated discussed in section 6.2 above are reflected in the differences in the present values of the benefits of the particular schemes. Of particular note are the relatively high benefits of traffic delay and accident reduction for the Ellesmere Rd. and Burlington St. schemes, reflecting the much higher road vehicle traffic flows at these two crossings. Note too that train delay reduction benefits are highest for the heavily rail trafficked Bronte and Gardiners Road crossings, and are zero for Burlington St., since maximum train speed at that crossing is 15 mph and so would not be affected by a 25 mph restriction.

The table indicates the sensitivity of results to the choice of discount rate. As is generally the case, the choice of a lower discount rate increases the present value of benefits.

The table also indicates the sensitivity of the results for any particular project to choice of "intermediate" or "high" value of reduced risk of loss of life, and to choice of "low" or "high" value for non-working time savings. A higher value of life, other things equal, increases accident reduction benefits and leaves other benefits unchanged. A higher value for non-working time, other things equal, increases highway delay reduction benefits and leaves other benefits unchanged.

Finally, the table also illustrates the sensitivity of the benefits of the Shorncliffe and Bronte Road schemes to the introduction of GO trains. In the case of Shorncliffe Rd., the peak-hour only GO service, the total discounted benefits of grade separation would be increased by only 3/4 percent because of the introduction of GO trains. In the case of Bronte Rd., with intensive GO service, the total discounted benefits of grade separation would be increased by nine percent. Note that the higher values for the benefits of grade separation when GO trains are in operation are a measure of the increased costs of highway vehicle delay and accidents caused at each crossing by the introduction of GO trains on each route.

6.3.2 Types of Benefits

Next, consider the proportions which the different types of benefits represent of the total benefits for each scheme. To do this, we convert the results of table 6.1 into percentages and, to highlight the comparison between different projects, we illustrate the results for each of the eight combinations of discount rate value of time and value of life in tables 6.2 to 6.9.

Table 6.2 shows that for a five percent discount rate, "low" time value and "intermediate" value of life, highway vehicle delay reduction benefits account for between 81 and 94 percent of the total benefits of schemes; accident reduction benefits account for between four and 14 percent of total benefits; train delay reduction benefits account for between zero and 6 percent of total benefits; and reductions in crossing maintenance costs account for between one half and 4½ percent of total benefits.

Table 6.4 shows that if instead we assume a "high" value for life reduction and accident reduction benefits, a proportion of total benefits will be increased between seven and 23 percent. Consequently traffic delay reduction benefits are reduced to between 74 and 90 percent of total benefits.

The impact on the benefit proportions of using a higher discount rate is small because the projects provide benefits of

Table 6.2

PERCENTAGES OF TOTAL DISCOUNTED BENEFITS; 5% DISCOUNT RATE, "LOW" TIME VALUE AND "INTERMEDIATE" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	12.8 %	81.5 %	1.3 %	4.3 %	100 %
Shorncliffe Rd., GO	12.9 %	81.6 %	1.5 %	4.2 %	100 %
Bronte Rd., no GO	4.1 %	90.6 %	3.4 %	1.9 %	100 %
Bronte Rd., GO	4.2 %	88.6 %	5.4 %	1.7 %	100 %
Gardiners Rd.	9.6 %	82.9 %	5.5 %	2.0 %	100 %
Ellesmere Rd.	14.0 %	85.2 %	0.2 %	0.6 %	100 %
Burlington St.	5.6 %	94.0 %	0.0 %	0.4 %	100 %

Table 6.3

PERCENTAGES OF TOTAL DISCOUNTED BENEFITS; 10 % DISCOUNT RATE, "LOW" TIME VALUE AND "INTERMEDIATE" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	13.5 %	80.2 %	1.8 %	4.5 %	100 %
Shorncliffe Rd., GO	13.9 %	80.0 %	1.7 %	4.3 %	100 %
Bronte Rd., no GO	4.8 %	89.8 %	3.4 %	1.9 %	100 %
Bronte Rd., GO	4.8 %	87.6 %	5.8 %	1.8 %	100 %
Gardiners Rd.	10.6 %	81.6 %	5.6 %	2.1 %	100 %
Ellesmere Rd.	15.6 %	83.6 %	0.2 %	0.6 %	100 %
Burlington St.	6.4 %	93.2 %	0.0 %	0.4 %	100 %

Table 6.4

PERCENTAGES OF TOTAL DISCOUNTED BENEFITS; 5 % DISCOUNT RATE, "LOW" TIME VALUE AND "HIGH" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit				
	Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	20.6 %	74.3 %	1.2 %	3.9 %	100 %
Shorncliffe Rd., GO	20.6 %	74.3 %	1.4 %	3.8 %	100 %
Bronte Rd., no GO	6.9 %	88.0 %	3.3 %	1.9 %	100 %
Bronte Rd., GO	7.0 %	86.0 %	5.4 %	1.7 %	100 %
Gardiners Rd.	15.4 %	77.6 %	5.1 %	1.9 %	100 %
Ellesmere Rd.	22.9 %	76.5 %	0.1 %	0.5 %	100 %
Burlington St.	9.6 %	90.1 %	0.0 %	0.4 %	100 %

Table 6.5

PERCENTAGES OF TOTAL DISCOUNTED BENEFITS; 5 % DISCOUNT RATE, "LOW" TIME VALUE AND "HIGH" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit				
	Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	22.2 %	72.4 %	1.2 %	4.2 %	100 %
Shorncliffe Rd., GO	22.1 %	72.5 %	1.4 %	4.1 %	100 %
Bronte Rd., no GO	8.2 %	86.4 %	3.4 %	2.1 %	100 %
Bronte Rd., GO	8.0 %	84.5 %	5.7 %	1.9 %	100 %
Gardiners Rd.	17.2 %	75.6 %	5.1 %	2.0 %	100 %
Ellesmere Rd.	25.1 %	74.2 %	0.2 %	0.6 %	100 %
Burlington St.	10.7 %	88.9 %	0.0 %	0.4 %	100 %

Table 6.6

PERCENTAGES OF TOTAL DISCOUNTED BENEFITS; 5 % DISCOUNT RATE, "HIGH" TIME VALUE AND "INTERMEDIATE" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	12.0 %	82.8 %	1.3 %	4.0 %	100 %
Shorncliffe Rd., GO	12.0 %	82.8 %	1.4 %	3.9 %	100 %
Bronte Rd., no GO	3.9 %	91.2 %	3.2 %	1.8 %	100 %
Bronte Rd., GO	4.0 %	89.3 %	5.1 %	1.6 %	100 %
Gardiners Rd.	9.0 %	84.0 %	5.1 %	1.9 %	100 %
Ellesmere Rd.	13.5 %	85.8 %	0.2 %	0.6 %	100 %
Burlington St.	5.3 %	94.3 %	0.0 %	0.4 %	100 %

Table 6.7

PERCENTAGES OF TOTAL DISCOUNTED BENEFITS; 10 % DISCOUNT RATE, "HIGH" TIME VALUE AND "INTERMEDIATE" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	12.6 %	81.5 %	1.7 %	4.2 %	100 %
Shorncliffe Rd., GO	13.0 %	81.3 %	1.6 %	4.1 %	100 %
Bronte Rd., no GO	4.6 %	90.4 %	3.2 %	1.8 %	100 %
Bronte Rd., GO	4.6 %	88.4 %	5.4 %	1.7 %	100 %
Gardiners Rd.	9.9 %	83.0 %	5.3 %	1.9 %	100 %
Ellesmere Rd.	14.9 %	84.2 %	0.2 %	0.7 %	100 %
Burlington St.	6.1 %	93.5 %	0.0 %	0.4 %	100 %

Table 6.8

PERCENTAGES OF TOTAL DISCOUNTED BENEFITS; 5 % DISCOUNT RATE, "HIGH" TIME VALUE AND "HIGH" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	19.3 %	75.9 %	1.2 %	3.7 %	100 %
Shorncliffe Rd., GO	19.3 %	75.9 %	1.3 %	3.5 %	100 %
Bronte Rd., no GO	6.5 %	88.7 %	3.1 %	1.7 %	100 %
Bronte Rd., GO	6.6 %	86.9 %	4.9 %	1.6 %	100 %
Gardiners Rd.	14.5 %	79.0 %	4.8 %	1.8 %	100 %
Ellesmere Rd.	22.1 %	77.3 %	0.1 %	0.5 %	100 %
Burlington St.	9.1 %	90.5 %	0.0 %	0.3 %	100 %

Table 6.9

PERCENTAGES OF TOTAL DISCOUNTED BENEFITS; 10 % DISCOUNT RATE, "HIGH" TIME VALUE AND "HIGH" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	20.6 %	74.1 %	1.5 %	3.8 %	100 %
Shorncliffe Rd., GO	20.7 %	74.1 %	1.5 %	3.7 %	100 %
Bronte Rd., no GO	7.9 %	87.2 %	3.1 %	1.7 %	100 %
Bronte Rd., GO	7.6 %	85.5 %	5.2 %	1.6 %	100 %
Gardiners Rd.	16.2 %	77.1 %	4.9 %	1.8 %	100 %
Ellesmere Rd.	24.3 %	75.0 %	0.2 %	0.6 %	100 %
Burlington St.	10.3 %	89.3 %	0.0 %	0.4 %	100 %

the different types throughout their lives. This can be seen by comparing the results of table 6.3 with those of table 6.2, and those of table 6.5 with those of table 6.4. Because traffic delay reduction benefits are more sensitive to traffic growth than are accident reduction benefits, the impact of using 10 percent rather than five percent is to reduce slightly the proportion of total benefits accounted for by traffic delay reduction benefits when future benefits are discounted more heavily.

Tables 6.6 through 6.9 show that taking a higher assumed value for non-working time further increases traffic delay reduction benefits as a proportion of total benefits.

The overall conclusion of this section is that, whatever the particular assumptions made, reductions in vehicle delay account for the largest proportion of the benefits of the grade separation schemes we have considered. Next come accident reduction benefits, with reductions in train delay and crossing maintenance costs accounting for relatively low proportions.

One question which naturally arises is whether or not these results are typical. In particular, could accident reduction benefits ever outweigh traffic delay reduction costs? This would be possible in the case of a crossing on a lightly travelled highway. Although, in such a circumstance overall benefits would be likely to be small in comparison with the costs of constructing a grade separation. Consequently, a grade separation might be less cost-effective than other measures, such as improving crossing protection or geometry, which might be taken to solve what is essentially a safety rather than a traffic delay problem.

6.3.3 Types of Benefits as Proportions of Total Construction Costs

Cost apportionment is concerned with apportioning total construction costs (rather than total benefits) among the parties involved. Consequently, in this section we consider the proportions which different types of benefits account for of total construction costs for each scheme. As in the previous section, we show the results in eight tables (tables 6.10 to 6.17) to illustrate the sensitivity of the results to the different assumptions made.

Note that now the proportions <u>are</u> sensitive to the choice of discount rate, since a higher discount rate reduces the present value of benefits in relation to the construction costs of each project.

Note also that the final column of each table is the conventional benefit/cost ratio for each project, but expressed in percentage rather than proportional terms. As noted in paragraph 6.3.1 above, the benefit/cost ratio for the Burlington

Table 6.10

PERCENTAGES OF TOTAL CONSTRUCTION COSTS; 5 % DISCOUNT RATE, "LOW" TIME VALUE AND "INTERMEDIATE" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

	Type of benefit				
Project	Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	4.7 %	29.9 %	0.5 %	1.6 %	36.7 %
Shorncliffe Rd., GO	4.9 %	30.9 %	0.6 %	1.6 %	38.0 %
Bronte Rd., no GO	3.4 %	75.2 %	2.8 %	1.6 %	83.0 %
Bronte Rd., GO	3.8 %	80.5 %	4.9 %	1.6 %	90.8 %
Gardiners Rd.	10.4 %	89.3 %	5.9 %	2.1 %	107.7 %
Ellesmere Rd.	15.6 %	94.9 %	0.2 %	0.7 %	111.4 %
Burlington St.	14.6 %	244.3 %	0.0 %	1.0 %	259.8 %

Table 6.11

PERCENTAGES OF TOTAL CONSTRUCTION COSTS; 10 % DISCOUNT RATE, "LOW" TIME VALUE AND "INTERMEDIATE" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

	Type of benefit				
Project	Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	2.7 %	15.7 %	0.3 %	0.9 %	19.7 %
Shorncliffe Rd., GO	2.8 %	16.3 %	0.3 %	0.9 %	20.3 %
Bronte Rd., no GO	2.1 %	38.5 %	1.5 %	0.9 %	43.0 %
Bronte Rd., GO	2.3 %	41.1 %	2.8 %	0.9 %	47.0 %
Gardiners Rd.	6.1 %	46.2 %	3.1 %	1.2 %	56.6 %
Ellesmere Rd.	9.1 %	49.1 %	0.1 %	0.4 %	58.7 %
Burlington St.	8.7 %	127.9 %	0.0 %	0.6 %	137.2 %

Table 6.12

PERCENTAGES OF TOTAL CONSTRUCTION COSTS; 5 % DISCOUNT RATE, "LOW" TIME VALUE AND "HIGH" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	9.3 %	29.9 %	0.5 %	1.6 %	40.2 %
Shorncliffe Rd., GO	8.6 %	30.9 %	0.6 %	1.6 %	41.7 %
Bronte Rd., no GO	5.9 %	75.2 %	2.8 %	1.6 %	85.5 %
Bronte Rd., GO	6.6 %	80.5 %	4.9 %	1.6 %	93.6 %
Gardiners Rd.	17.7 %	89.3 %	5.9 %	2.1 %	115.0 %
Ellesmere Rd.	28.4 %	94.9 %	0.2 %	0.7 %	124.2 %
Burlington St.	25.9 %	244.3 %	0.0 %	1.0 %	271.2 %

Table 6.13

PERCENTAGES OF TOTAL CONSTRUCTION COSTS; 10 % DISCOUNT RATE, "LOW" TIME VALUE AND "HIGH" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	4.8 %	15.7 %	0.3 %	0.9 %	21.8 %
Shorncliffe Rd., GO	5.0 %	16.3 %	0.3 %	0.9 %	22.4 %
Bronte Rd., no GO	3.7 %	38.5 %	1.5 %	0.9 %	44.6 %
Bronte Rd., GO	3.9 %	41.1 %	2.8 %	0.9 %	48.6 %
Gardiners Rd.	10.5 %	46.2 %	3.1 %	1.2 %	61.1 %
Ellesmere Rd.	16.6 %	49.1 %	0.1 %	0.4 %	66.1 %
Burlington St.	15.5 %	127.9 %	0.0 %	0.6 %	143.9 %

Table 6.14

PERCENTAGES OF TOTAL CONSTRUCTION COSTS; 5 % DISCOUNT RATE, "HIGH" TIME VALUE AND "INTERMEDIATE" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	4.7 %	32.6 %	0.5 %	1.6 %	39.3 %
Shorncliffe Rd., GO	4.9 %	33.7 %	0.6 %	1.6 %	40.8 %
Bronte Rd., no GO	3.4 %	80.5 %	2.8 %	1.6 %	88.3 %
Bronte Rd., GO	3.8 %	86.5 %	4.9 %	1.6 %	96.8 %
Gardiners Rd.	10.4 %	96.6 %	5.9 %	2.1 %	115.0 %
Ellesmere Rd.	15.6 %	99.5 %	0.2 %	0.7 %	115.9 %
Burlington St.	14.6 %	257.3 %	0.0 %	1.0 %	272.8 %

Table 6.15

PERCENTAGES OF TOTAL CONSTRUCTION COSTS; 10 % DISCOUNT RATE, "HIGH" TIME VALUE AND "INTERMEDIATE" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

Project	Type of benefit: Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	2.7 %	17.1 %	0.3 %	0.9 %	21.0 %
Shorncliffe Rd., GO	2.8 %	17.6 %	0.3 %	0.9 %	21.7 %
Bronte Rd., no GO	2.1 %	41.1 %	1.5 %	0.9 %	45.4 %
Bronte Rd., GO	2.3 %	44.2 %	2.7 %	0.8 %	50.0 %
Gardiners Rd.	6.1 %	50.1 %	3.1 %	1.2 %	60.4 %
Ellesmere Rd.	9.1 %	51.5 %	0.1 %	0.4 %	61.1 %
Burlington St.	8.7 %	134.8 %	0.0 %	0.6 %	144.1 %

Table 6.16

PERCENTAGES OF TOTAL CONSTRUCTION COSTS; 5 % DISCOUNT RATE, "HIGH" TIME VALUE AND "HIGH" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

	Type of benefit				
Project	Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	8.3 %	32.6 %	0.5 %	1.6 %	42.9 %
Shorncliffe Rd., GO	8.6 %	33.7 %	0.6 %	1.6 %	44.5 %
Bronte Rd., no GO	5.9 %	80.5 %	2.8 %	1.6 %	90.8 %
Bronte Rd., GO	6.6 %	86.5 %	4.9 %	1.6 %	99.5 %
Gardiners Rd.	17.7 %	96.6 %	5.9 %	2.1 %	122.4 %
Ellesmere Rd.	28.4 %	99.5 %	0.2 %	0.7 %	128.7 %
Burlington St.	26.2 %	257.0 %	0.0 %	1.0 %	284.2 %

Table 6.17

PERCENTAGES OF TOTAL CONSTRUCTION COSTS; 10 % DISCOUNT RATE, "HIGH" TIME VALUE AND "HIGH" VALUE FOR REDUCTION IN RISK OF LOSS OF LIFE

	Type of benefit				
Project	Reduction in accident costs	Reduction in highway vehicle delay	Reduction in train delay	Reduction in crossing maintenance costs	Total benefits
Shorncliffe Rd., no GO	4.8 %	17.1 %	0.3 %	0.9 %	23.1 %
Shorncliffe Rd., GO	5.0 %	17.6 %	0.3 %	0.9 %	23.8 %
Bronte Rd., no GO	3.7 %	41.1 %	1.5 %	0.9 %	47.1 %
Bronte Rd., GO	3.9 %	44.2 %	2.8 %	0.9 %	51.7 %
Gardiners Rd.	10.5 %	50.1 %	3.1 %	1.2 %	65.0 %
Ellesmere Rd.	16.7 %	51.5 %	0.1 %	0.4 %	68.7 %
Burlington St.	15.5 %	134.8 %	0.0 %	0.6 %	150.9 %

St. scheme exceeds one, and that for the Shorncliffe Rd. and Bronte Rd. schemes is less than one, for all combinations of assumptions considered. For the Gardiners and Ellesmere Road schemes, a reduction in discount rate from 10 percent to five percent will convert a benefit/cost ratio of less than one into a ratio greater than one. It is this ratio which is relevant in determining the overall justification for any particular scheme.

We can use the benefit-to-cost proportions to determine the share of total costs which should be borne by each party when different cost apportionment principles are used. This is done in the following sections.

6.4 Implications of Alternative Cost Apportionment Principles

6.4.1 Cost Apportionment on the Benefit Principle. Who Gains?

The previous section has considered the different types of benefit of grade separation projects. We can now consider the question of who gains from these benefits. This will then enable us to use the benefit principle to apportion construction costs among the benefitting parties.

Where total benefits of a scheme exceed total construction costs, the benefit principle would appear to imply that the construction costs should be allocated between parties in the same proportion as benefits received. Hence each party's contribution ratio should equal its benefits-to-total-benefits ratio. However, where total benefits fall short of construction costs a problem arises, since the maximum contribution made should not exceed benefits received. Hence in such a case we allocate construction costs to parties on the basis of benefits received as a proportion of construction costs. Each party's contribution ratio in such a case would thus be equal to its benefits-to-construction cost ratio. This will leave some proportion of construction costs uncovered by the two parties.

Most accident victims of grade crossing accidents are highway users. Hence, they gain most of the benefits from reduced accidents. There are however some damage costs to railways,* so the railway will gain from a reduction in such costs. These costs account for about 7½ percent of all grade crossing accident costs when the "intermediate" value of life is used and for about four percent of all grade crossing accident costs when the "high" value is used. There may also be other accident costs borne by railways which we have not taken explicit account of because of lack of data. These include the costs of cleaning up the site because of the accident, the costs of delay during such operations, legal costs involved in handling claims arising as a result of such accidents (less the net value of damages received as a result of claims), and costs of injuries to railway employees borne by the company. For the

---

* See p. 43.

purpose of the present study, it is assumed that the total of all such costs is equal to the cost of damaged railway property.

The railway will also gain the reduction in railway delay costs and half the reduction in crossing maintenance costs. We have added these benefits gained by the railway under our different assumptions, and combined the results in table 6.18 to show the proportion of costs which the railway should pay if the benefit principle were to be in operation. The table also shows the railway cost apportionment actually recommended for each of these schemes.

The highway authority can be regarded as gaining all the benefits of reduced vehicle delay, plus the remaining accident reduction benefits, plus half the reduction in crossing maintenance costs. Table 6.18 shows cost apportionment for the highway authority on the benefit principle, together with the recommended apportionment for the highway authority for each scheme.

The table shows that if costs were to be apportioned on the benefit principle then the highway authority should pay a much higher proportion of total costs than the railway. The actual split on the basis of the benefit principle will vary from project to project, but in the case of the projects we have considered the highway authority should pay anywhere between 10 and 92 times as much as the railway in order to comply with the benefit principle.

Note too, however, that even though the benefit principle suggests that the railway should pay a low proportion of total costs, these suggested proportions are actually higher than the amounts that the railways were to be required to contribute towards the schemes considered in this chapter. This largely arises because of the $62 500 ceiling on the railway contribution under section 16 of the Railway Relocation and Crossing Act. It is not clear what purpose such a ceiling could serve, and it is suggested that it should be removed.

6.4.2 Cost Apportionment Under the Cost Responsibility Principle. Who Causes the Cost?

So far, we have measured the costs imposed by the existence of grade separations, but we have yet to consider the question of responsibility, who causes them. This, as we shall see, is more difficult than assigning benefits.

It is the existence of the railway which causes there to be delay to highway vehicles. If there were no railway trains and hence no crossing, there would be no delay to highway vehicles. In this sense the railway is responsible for these delay costs because the respective technologies of rail and of highway transport means that it is essential for highway vehicles to give way to trains.

Table 6.18

COST APPORTIONMENT ON THE BENEFIT PRINCIPLE

Project	Railroad contribution		Highway contribution	
	According to benefit principle	Actual*	According to benefit principle	Actual*
Shorncliffe Rd. (with GO)	1.3 - 2.3 %	1.05 %	18.9 - 42.2 %	37.90 %
Bronte Rd. (with GO)	3.5 - 6.5 %	1.21 %	43.3 - 93.2 %	35.50 %
Gardiners Rd.	4.8 - 8.4 %	1.36 %	51.6 - 92.9 %	33.18 %
Ellesmere Rd.	2.0 - 3.2 %	0.79 %	56.6 - 97.4 %	43.43 %
Burlington St.	1.1 - 1.5 %	1.16 %	98.5 - 98.9 %	48.84 %

* As recommended by the Railway Transport Committee, C.T.C.

With accidents, it is more difficult to apportion costs since highway vehicles and trains impose costs on each other. The railway might be said to be responsible for a high proportion of accident costs because of the much greater mass of trains, their difficulty in stopping quickly, and hence their ability to inflict considerable damage, but this is certainly an extreme view of cost responsibility. Indeed, the cause of highway grade crossing accidents more often resides in the highway user, who may attempt to beat a train across the crossing, or fail to see a train coming, or take other action which results in an accident. In other cases it may be possible to ascertain the cause of an accident, but not to apportion blame.

It follows that any allocation of accident costs on the cost responsibility principle will be somewhat arbitrary. Broadly, however, we regard accident costs as being imposed by highway users on each other. However some costs (those of railway property damage and other railway costs discussed in the previous section) are imposed by highway users on railways.

With the cost responsibility approach, we allocate costs on the basis of the costs which each party imposes. Hence, railways impose delay costs and half the costs of maintaining protection equipment on highway users or the highway authority, and highway users impose (some) accident, train delay and crossing maintenance costs on the railway and the remaining accident costs on themselves. Table 6.19 shows construction costs allocated on this basis for our specimen projects. Now, it is the railway which would pay a higher proportion of total costs than the highway authority, exactly the reverse of the result which we have discovered for the implementation of the benefit principle. In the following section we discuss the implications of these apparently irreconcilable results.

6.4.3 The Appropriate Principle To Use

We have found that according to the benefit principle, the highway authority should pay the major share in cost apportionment of grade separations. But according to the cost responsibility principle, the railway should pay the major share.* This arises because of the interdependence between railway and highway traffic and the fact that, as noted in chapter 2, the benefits of grade separation projects are the reductions in the costs which grade crossings create. Hence it is largely the highway user who gains the benefit of grade separations; but it is the existence of the railway which caused

---

* Note however that we have found that according to both principles, the railway should be paying more than it often does at present.

Table 6.19

COST APPORTIONMENT ON THE COST RESPONSIBILITY PRINCIPLE

Project	Railroad contribution		Highway contribution	
	According to cost responsibility principle	Actual*	According to cost responsibility principle	Actual*
Shorncliffe Rd. (with GO)	18.9 - 42.2 %	1.05 %	1.3 - 2.3 %	37.90 %
Bronte Rd. (with GO)	43.3 - 93.2 %	1.21 %	3.5 - 6.5 %	35.50 %
Gardiners Rd.	51.6 - 92.9 %	1.36 %	4.8 - 8.4 %	33.18 %
Ellesmere Rd.	56.6 - 97.4 %	0.79 %	2.0 - 3.2 %	43.43 %
Burlington St.	98.5 - 98.9 %	1.16 %	1.1 - 1.5 %	48.84 %

* As recommended by the Railway Transport Committee, C.T.C.

those costs to be incurred in the first place.* Consequently an application of the benefit principle would completely ignore this initial creation of costs and so would appear to be very generous to the railways. This would particularly be so because no question arises of the railways paying anything at all for the delay and other costs imposed at grade crossings where no grade separation is envisaged.

It follows that the key to determining the question of the appropriate principle to use is an answer to the question of whether it is regarded as desirable for the railways to have the unlimited right at grade crossings to impose costs on others without compensation. Of course they appear to have this right in practice (except where they are refused permission to operate at grade over an existing highway), but the appropriate question is whether the country regards it as desirable that this should be so. Certainly there are good economic efficiency reasons for arguing that it should not be. Where one party imposes costs on another without having to pay compensation (the case referred to in the economic literature as that of external costs, or externalities) the suggested solution is to impose a tax on the externality creating agent equal to the marginal external cost imposed on others by the agent's actions. The effect of such a tax would be to modify the externality - creating agent's behaviour to the optimal level where the marginal social benefits of his action just equalled the marginal social costs.

One example of such a tax arises in the case of congested urban streets, where a congestion tax has been advocated to make motorists aware of the congestion costs that they impose on others, and to reduce vehicle flow to the point where marginal benefits equal marginal social costs. In the case of grade crossings, the externality tax approach would involve estimating the extra costs imposed on highway users by an extra train, and charging the railway a fee per train equal to this marginal external cost. The railway would then have an incentive to only run trains for which the benefit to the railway exceeded the extra operating costs to the railway plus the extra delay costs imposed on highway users at all the crossings over which the train ran. In other words, trains would only be run if social benefits (as measured by railway revenue) exceeded social costs (as measured by private, railway, costs plus external, delay, costs).

The point of discussing such charges is not to suggest that they might be feasible to introduce in practice - they almost certainly wouldn't be - but to note that there are good reasons for requiring railways to make a contribution to the

---

* Seniority does not appear to be particularly relevant. The railway imposes the costs irrespective of whether or not it is senior at the crossing.

costs that are imposed by grade crossings. And larger contributions than at present to the cost of constructing grade separations would be one way to achieve this. Hence, if a particular project is justified, that is, if the total benefits of the grade separation did exceed the total costs, then not only would resource allocation be improved but also there appears to be a case on grounds of fairness (or what economists would call distributional grounds) for the railway to pay a larger share of the costs of the grade separation than at present, and one in line with the costs which its actions at the grade crossing impose on others.

Table 6.19 shows that this share will vary from project to project, so that there is no single ratio between highway and railway contribution which would apply equally to all schemes. This suggests a number of alternative approaches:

a) Use the benefit-cost analysis approach for each scheme on a case-by-case basis, and apportion costs on the basis of cost responsibility in the way that we have outlined earlier in this chapter;

b) Study a wider sample of schemes, and from this sample calculate an average railway/highway contribution relationship which would then be applied for cost apportionment for all future schemes; and

c) Use the results and conclusions of this chapter to justify an increase in the railway contribution which, though somewhat arbitrary, did take much more account than at present of the responsibility of the railways for imposing costs, particularly delay costs, on others.

In many ways alternative a) would be the best, though it might prove difficult to operate in practice and hard to formalize in legislation. Alternative c) may be much less clear cut, but it does give a clear signal as to the direction in which cost apportionment might move from the present situation.

Chapter 7

COST APPORTIONMENT FOR RECONSTRUCTION OF EXISTING GRADE SEPARATIONS

In this chapter, we consider cost apportionment for reconstruction schemes. Basically we argue that cost apportionment for reconstructions should follow the same principles as cost apportionment for new construction. This means that it will be necessary to distinguish between basic reconstruction costs, and the additional costs of reconstructing grade separations to increase capacity for one or more of the parties. We could then use the benefit principle or the cost responsibility principle to determine how costs might be allocated.

Consider an existing overpass carrying a two-lane highway over a two-track railway. Suppose that the structure is in need of renewal and that no increase in capacity is foreseen. We can then consider the benefits of this renewal in terms of what would happen if the structure were not renewed. If the most likely alternative were to close the overpass and divert traffic over the railway at grade in the same location, then the benefit of renewal would be the additional delay and accident costs which would occur at the grade crossing in the absence of renewal. These could be estimated using benefit-cost analysis in the same way that we estimated the benefits of new construction schemes in chapter 6. If the most likely alternative to reconstruction of the overpass was closure, and diversion of highway traffic to grade crossings or other bridges some distance from the overpass, then again benefit-cost analysis could be used, with the benefits of reconstruction now also including the additional vehicle operating costs required to reach the nearest alternative crossing point. In each case, the benefits of the reconstruction could be estimated and valued, and then allocated according to either the benefit principle or the cost responsibility principle in the way in which it was demonstrated in chapter 6. As with new construction schemes, the use of the benefit principle would result in a higher proportion of costs being allocated to the highway authority than to the railway. In contrast, use of the cost responsibility principle would lead to a higher cost allocation for the existence of the railway which causes there to be the need for reconstruction of the grade separation to avoid the delay which the railway would otherwise impose on highway traffic.

However, our investigation of reconstruction schemes in the sample of UTAP schemes considered, reveals that such reconstructions on a like-with-like basis that we have discussed

above may be relatively rare. Consequently we consider each of these reconstruction schemes in detail to illustrate cost apportionment problems which arise when the capacity or quality of the grade separation is improved during reconstruction.

Highway 401 dual overhead bridges, Milton, Mileage 33.59, CN Halton Subdivision

This project, to be financed under section 20 of the Railway Relocation and Crossing Act, involved reconstruction of a highway overpass built in 1957-58 and carrying the major 401 Highway over a two-track rail route (with 38 trains a day in 1979). The purpose of the reconstruction was not to renew the original structure, but to increase capacity on the highway from four to six lanes. In addition, safety problems had arisen because of heavy trucks joining the 401 Highway and having difficulty accelerating up the 2.6 percent grade to join the traffic flow, so the widening of the structure was also designed to increase the length of the acceleration lane available for this traffic. No increase in rail capacity was envisaged.

It follows that the benefits of the scheme would accrue to the highway authority and not the railway. The widening of the 401 over the overpass was part of a scheme to widen a longer section of this highway. The benefits of such a widening consist of the reduction in operating costs arising from reduced congestion. This could be estimated by comparing speed/flow curves for a four and six-lane divided highway and using actual and predicted traffic flow figures to estimate average traffic speed as a function of traffic flow with and without the improvement. These traffic speed figures could then be used to calculate operating cost reductions as a result of the improvement.* It would be desirable to estimate such benefits for the whole of the road widening (including widening the rail bridge) since it would not be sensible to leave the overpass as a four lane section and widen the highway to six lanes on either side of the overpass. The creation of such a bottleneck would probably create more problems than it solved. For the acceleration lane, the benefits include any reductions in operating costs caused by vehicles having to slow down because of the presence of slow-moving traffic, plus the benefits arising from reduced accidents. The latter might be calculated by observing actual accident history on the overpass (the grant application notes that the accident rate at the structure was about three times higher than the overall rate for that section of the 401 Highway).

---

* If congestion with a four-lane highway would be very severe, then traffic might be diverted onto other routes with consequent congestion there. In such circumstances estimation of the benefits of road widening would require traffic prediction models to estimate the effect of the widening of the 401 in reducing traffic on other routes and hence ameliorating congestion costs on those other routes.

Estimated cost of the reconstruction was $325 000. This cost was to be split equally between the highway authority and the federal government. Since the railway neither gained any of the benefits of the reconstruction nor was responsible for any of them being incurred, this seems reasonable.

Seymour Avenue Saanich, Mileage 0.23, CN Saanich Spur
Vernon Avenue Saanich, Mileage 0.32, CN Saanich Spur

These are two section 20 schemes to reconstruct two overpasses located 1/10 of a mile apart on CN's Saanich spur on its Vancouver Island line on the outskirts of Victoria. One of the overpasses had not been in use since 1975. The reconstruction schemes were part of a major traffic scheme to improve access to downtown Victoria from the Trans-Canada Highway and Highway 17. Seymour Avenue and Vernon Avenue would become one-way arteries to relieve existing, particularly summer-peak congestion on the main highways in the area. Total cost of reconstructing the two overpasses was estimated at $634 000.

The rail line carried one to three slow freight trains per week. The costs of delay which would be incurred if the highways crossed the line at grade would therefore be low, and would consist mainly of delays due to compulsory stop vehicles and to the traffic flow slowing down to check the crossing and avoid bumps. The responsibility of the railway for imposing costs would therefore be relatively low. Of particular significance is the fact that CN claimed that revenue from traffic on the rail line was insufficient to cover direct costs, and in 1977 they filed for abandonment. In such circumstances, the need to reconstruct the overpasses would disappear (although there would be demolition and associated costs to incorporate Vernon and Seymour Avenues in the traffic scheme). However, permission to abandon the line was refused in 1979.

The benefits of this scheme can be seen to accrue mainly to highway users and to those parties wishing to ensure retention of the rail line against the apparent wishes of the railway. Consequently, the extra costs imposed as a result of the wish to achieve these benefits could be apportioned fairly among the parties imposing the costs and gaining the benefits. Nevertheless, the actual recommended apportionment of the total cost of $634 000 was: federal government $317 000 (50.0 percent), highway authority $254 500 (40.1 percent), and railway $62 500 (9.9 percent).

Mohawk Rd. Hamilton, Mileage 5.18, CN Hagerville Subdivision

This is a section 20 scheme to reconstruct a one-lane highway bridge with a five-ton load limit to carry two highway lanes. Traffic over the bridge was 6 380 vehicles per day in 1977 but because the bridge, was one-way, delays were incurred, especially during peak times. In addition, there were 35

accidents between 1975 and 1977, of which 11 were head-on collisions. It was proposed to reconstruct the overpass at relatively low cost ($110 000) to permit two-way traffic.

The benefits of reconstruction would be to reduce congestion and accident costs to highway vehicles. These could probably best be measured by a survey of conditions on the bridge which measured the actual delays imposed, together with accident history information to estimate the accident reduction benefits which would follow from widening from one to two lanes.

While the benefits of such a widening would flow to highway users, this does appear to be a case where existing capacity of the grade separation is clearly inadequate to handle the traffic available. We have viewed a basic grade separation as consisting of at least two highway lanes, and such a basic grade separation would be necessary to avoid the costs which would be incurred if the traffic had to cross the railway at grade. Using the cost responsibility principle, it might therefore be reasonable to assess a railway contribution to the reconstruction on the basis of the delay costs which the railway would impose on highway travellers in the absence of a basic grade separation.

The actual recommended apportionment was 50 percent from the federal government under section 20 of the 1974 Act, 37½ percent from the highway authority and 12½ percent from the railway. (In return for the railway contribution, the highway authority was to take over maintenance of the structure from the railway.)

Highway 365 Subway, Saint-Raymond, Mileage 33.87, CN Saint-Raymond Subdivision

This is a section 20 scheme to reconstruct a subway. The original structure was built around 1906 and reconstructed in 1929. The need for reconstruction arose because of deterioration in the abutments and because of restrictions in horizontal and vertical clearances which made it unsafe for highway traffic. Road traffic in 1979 was 5 000 vehicles per day, and was not expected to increase. Train traffic was also light, with two passenger trains per week and four to six freight trains per week.

This project appears to conform to our definition of a basic reconstruction with no increases in road or rail capacity. The benefits of the scheme could therefore be measured in terms of the extra costs which would have been imposed with an at-grade crossing. Reconstruction costs could then be assigned to the highway and the railway on the basis either of the benefit principle or the cost responsibility principle.

The recommended cost apportionment for the total anticipated cost of $1 138 500 was federal 50 percent, highway authority 37½ percent and railway 12½ percent.

Strachan Avenue North Overpass, Toronto, Mileage 1.52, CN Oakville Subdivision

This is a section 16 scheme to reconstruct an overhead bridge over a six-track rail line. The structure was built in 1917 and was in need of reconstruction because of advanced state of deck deterioration and corrosion of structural steel members. However, the highway authority proposed to increase road capacity by increasing road width from 18 feet to 24 feet in each direction in order to accommodate a total of four 12-foot lanes. Road traffic was 10 000 vehicles per day in 1977 with a forecast of 15 000 per day after reconstruction.

The railway also proposed an increase in rail capacity from six to seven tracks. According to the City of Toronto, the highway authority in this case, would increase the cost of reconstruction from $696 000 to $1 300 000.* The railway proposed to pay a maximum of $156 250 towards the scheme and this was confirmed by the RTC Order giving approval to the project. In effect the railway would be causing an extra $604 000 cost to be incurred in return for an extra $69 250 contribution on their part.

We, therefore, have in this case an example of the situation where parties to grade separation schemes can request additional capacity for their own benefit and cause the other party to bear a share of the increased cost. In the Strachan Avenue case, both highway and railway required additional capacity but the impact of the railway request on the highway was much greater than that of the highway request on the railway. This is because of the higher incremental cost of the rail capacity expansion and because of the general rule that the railway would pay a maximum of one quarter of the balance after federal contribution and the highway would pay at least three quarters.

The answer to this problem which we suggested in chapter 2 was that the party requesting the additional capacity should pay the incremental costs after federal contribution (with incremental costs allocated pro rata among the parties when both parties request additional capacity). In the case of Strachan Avenue this implies that with a federal contribution of 50 percent of the total cost of $1.3 million, the railway should pay 50 percent of the incremental rail capacity costs (i.e., $302 000) plus some share of the remaining balance. The highway

---

* This total cost estimate of $1.3 million was later revised upwards.

authority should pay 50 percent of the incremental highway capacity costs plus some share of the remaining balance. The shares of the remaining balance after assignment of incremental capacity costs to both parties could be assessed using either the benefit principle or the cost responsibility principle in the way in which we have previously outlined for basic grade separation schemes.

Chapter 8

MAINTENANCE OF GRADE SEPARATION STRUCTURES

So far in this report we have not considered the costs of maintaining grade separation structures (overpasses and subways). Such costs are relevant to grade separation decisions, although their apportionment between highway authority and railway appears to have led to much less controversy than has apportionment of construction costs. One solution would be to predict future structure maintenance costs over the assumed life of the project, discount them and then add them to construction costs. All costs (construction plus structure maintenance) could then be apportioned among the parties. Such an equivalent treatment between capital and maintenance costs would prevent there being an undesirable bias towards one type of expenditure or another and it would prevent one party being shouldered with structure maintenance costs without any allowance being made for this when construction cost shares were determined.

This approach has not been adopted in this report. Maintenance costs might be expected to vary from structure to structure, and no estimates of structure maintenance costs were available for the projects considered. However, an idea of the magnitude of structure maintenance costs can be gained from a statement of maintenance costs in the City of Toronto prepared by the City Engineer in 1979.* This report gave the costs expended on regular maintenance and inspection of all bridges and underpasses in Toronto in the ten-year period from 1969 to 1978. The regular maintenance program consists of annual inspections; concrete repairs and crack sealing; minor steel repairs and painting; repairing and painting hand-rails; cleaning and painting underpass walls; cleaning and adjusting bearing plates, expansion joints and drains; repair of sidewalks and curbs on bridges; and other special items. The cost figures include all such figures, and not just those borne by the City. Excluding pedestrian-only and non-rail facilities, there were 17 overbridges, with annual average maintenance costs of around $2 600 per structure at 1980 prices, and 28 underpasses with average annual maintenance costs of around $3 150 per structure at 1980 prices.

---

* Commissioner of Public Works and City Engineer, Progess report no. 2 on the City of Toronto bridges and underpasses, Jan. 15, 1979.

Many of the structures to which these cost figures relate were quite old*, and so the above costs might not necessarily reflect costs for new structures since maintenance costs in the earliest years of a structure's life might be relatively low. Even so, when discounted over a 30 year period, maintenance costs of around $3 000 per year are low when compared with initial construction costs. For example, such annual structure maintenance costs, when discounted at five or 10 percent over the assumed project life, would be equal to about 1½ percent of total discounted costs of a structure with a capital cost of $2 million.

In view of the relatively low size of structure maintenance costs in relation to construction costs, an alternative to apportioning maintenance costs in the same way as construction costs is simply to continue the present practice. This provides that for new construction schemes at existing grade crossings, the highway authority bears 100 percent of maintenance costs of overhead bridges, while the railway bears structure and superstructure maintenance costs of underpasses with the highway bearing all other subway maintenance costs. This principle might be extended to encompass all reconstruction schemes, including those where the railway made no contribution to the cost of construction or maintenance of the original grade separation. (In such cases the railway is at present not usually required to pay for maintenance of underpass structures.)

---

* Average age of the overbridges was 36 years and of the underpasses 48 years.

Chapter 9

CONCLUSIONS

In this chapter we simply list the main conclusions of this report:

1) There are two major principles for apportioning the construction costs of grade separation projects: the benefit principle and the cost responsibility principle.

2) Apportionment of costs on the basis of either the benefit principle or the cost responsibility principle is feasible, both for the costs of basic schemes which do not encompass major changes in capacity, and for major additions to capacity and clearances.

3) In the case of major additions to capacity and/or clearances, there is a strong case for making the party requiring the extra capacity pay the full balance of the incremental costs of the additional capacity after determination of the appropriate federal contribution.

4) If the benefit principle were followed, the railways would pay a low proportion of the costs of basic schemes. However, the proportion to be paid would be somewhat higher than that which is often paid at present.

5) There are good arguments for the railways paying a significantly higher share of the costs of basic schemes than at present, in line with the cost responsibility principle. While benefit-cost analysis is operational, it does not provide any simple formula for cost apportionment; apportionment could either proceed using benefit-cost analysis on a case-by-case basis, or the results of a number of specimen schemes could be used to determine an average highway/railroad contribution to be used for all basic schemes.

6) Reconstruction projects are often accompanied by major improvements in capacity. Where this is so, the party benefitting from the capacity increase should be required to pay the incremental costs after deduction of federal contribution.

7) There may be a logical case for allowing for the burden of structure maintenance costs when capital costs are apportioned. However, since discounted structure maintenance costs are low in relation to construction costs

and since present methods for dealing with structure maintenance costs appear to be regarded as fairly satisfactory, it might be reasonable (and simpler) to continue present practice for structure maintenance.

8) The form of cost apportionment procedure used has an impact on the way decisions are made as to whether or not to proceed with schemes and with regard to the way in which schemes are designed. It follows that it is desirable that common procedures be used both to appraise schemes to determine whether they are worthwhile, that is to discover whether their benefit/cost ratio exceeds one, and to determine the appropriate form of cost apportionment. The benefit-cost analysis approach provides just such a framework.

REFERENCES

[1] Bailey, Martin J., Reducing risks to life: measurement of the benefits, American Enterprise Institute for Public Policy Research, Washington, D.C., 1980.

[2] Bank of Canada, Bank of Canada Review, April 1981, p. s. 113.

[3] Beesley, M.E., "The value of time spent in travelling : some new evidence", Economica, vol. 32, May 1965.

[4] Blomquist, Glenn, "Value of life saving : implications of consumption activity", Journal of Political Economy, vol. 87, June 1979, pp. 540-558.

[5] Blomquist, Glenn, "The value of human life; an empirical perspective", Economic Inquiry, vol. 19, Jan. 1981, pp. 157-164.

[6] Canadian Transport Commission, Summary of the accidents-incidents reported to the CTC Year 1979, Safety and Services Branch, Railway Transport Committee, Ottawa, 1981.

[7] Canalog Logistics Ltd., Study to define the requirements for railway level crossing protection acceptable for train operations at speeds up to 200 km/h, Transport Canada Report TP 1996, Montreal, 1978.

[8] Claffey, Paul J., Running costs of motor vehicles as affected by road design and traffic, National Co-operative Highway Research Program Report 111, Highway Research Board, 1971.

[9] Claffey, Paul J., Passenger car fuel conservation, Federal Highway Administration, TRB, no. FHWA PL 77009, Jan. 1977.

[10] Coleman, Janet and Gerald R. Stewart, "Investigation of accident data for railroad-highway grade crossings", Transportation Research Record 611, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1976.

[11] Dawson, R.F.F., Costs of road accidents in Great Britain, Road Research Laboratory Report LR79, London, 1967.

[12] Dillingham, Alan, A., "The injury risk structure of occupations and wages", Ph.D. dissertation, Cornell University, 1979.

[13] Dodgson, J.S., "Problems in using social cost-benefit analysis to determine the level and allocation of railway investment", Rail International, Dec. 1978, pp. 887-904.

[14] Faigin, B.M., 1975 societal costs of motor vehicle accidents, U.S., DOT, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, D.C., 1976.

[15] Farr, E., Rail-highway crossing resource allocation model, U.S.A., DOT, Transportation Systems Center, Cambridge, Mass., (Report no. FRA-RRS-81-001), April 1981.

[16] Farr, E., and Betty H. Tustin, "Optimizing resources at rail-highway crossings", ITE Journal, Jan. 1982, pp. 25-28.

[17] Frankena, M., Urban transportation economics, Butterworths, 1980.

[18] Gaudes, Ewald, Economic analysis of road/rail grade separation projects, Railway Relocation and Crossing Branch, Transport Canada, Dec. 1981.

[19] Gaudry, Marc J.I., "Dogit and logit models of travel mode choice in Montreal", Canadian Journal of Economics, vol. 13, May 1980, pp. 268-279.

[20] Halagera, Raymond T., and Mark S. Miller, Economic analysis of grade crossing improvements, Chicago Area Transportation Study, 1973.

[21] Hensher, David A., "Review of studies leading to existing values of travel time", Transportation Research Record 587, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1976.

[22] Jenkins, G.P., "Discount rates for the economic appraisal of public sector expenditure", Canadian Public Policy, vol. 6, Summer 1980, pp. 549-555.

[23] Lavette, Robert A., "Development and application of a railroad-highway accident-prediction equation", Transportation Research Record 628, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1977.

[24] Lawson, J.J., "The costs of road accidents and their application to economic evaluation of safety programmes", in Roads and Transportation Association of Canada, Annual Conference 1978, pp. B59-B87.

[25] McLaughlin, W.A., Evaluating highway-railway grade crossing treatments, Saskatchewan Department of Highways, 1962.

[26] Mengert, Peter, Rail-highway crossing hazard prediction research results, U.S.A., DOT, Transportation Systems Center, Cambridge, Mass., (Report no. FRA-RRS-80-02), March 1980.

[27] Mishan, E.J., "Evaluation of life and limb; a theoretical approach", Journal of Political Economy, vol. 79, July/August, 1971.

[28] Moon, Albert E., "Description and application of a comprehensive planning procedure for urban railroad relocation", Transportation Research Record 562, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1976.

[29] Needleman, L., "The valuation of changes in the risk of death by those at risk", Manchester School, Sept. 1980, pp. 229-254.

[30] Ontario, Ministry of Transportation and Communications, Priority Development Branch, Road user benefit calculation package, manual, vols. I and II, Downsview, 1976.

[31] Poon, Chung Lam, Urban railway relocation; an economic evaluation, Ph.D. dissertation, University of Western Ontario, London, Ontario, 1976.

[32] Quarmby, D.A., "Choice of travel mode for the journey to work; some findings, "Journal of Transport Economics and Policy", vol. 1, Sept. 1967.

[33] Ruan, Guillermo, Road/rail grade separation project evaluation methodology development and application, Railway Relocation and Crossing Branch, Transport Canada, June 1981.

[34] Sargious, Micheal A. and Christopher K. Bee, "An evaluation of urban transportation systems using behavioural models and consumer surplus," Logistics and Transportation Review, vol. 16, no. 2, 1980, pp. 129-149.

[35] Schoppert, D.W. and D.W. Hoyt, Factors influencing safety at highway-rail grade crossings, National Co-operative Highway Research Program, Report 50, 1968.

[36] Schulte, William R., "Effectiveness of automatic warning devices in reducing accidents at grade crossings", Transportation Research Record 611, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1976.

[37] Smith, Robert S., "The feasibility of an 'injury tax' approach to occupational safety", Law and Contemporary Problems, vol. 38, Summer/Autumn 1978, p. 730.

[38] Statistics Canada, Aggregate productivity measures, systems of national accounts, (14-201), 1979 issue, 1981, Table 1, p. 8.

[39] Statistics Canada, Construction price statistics, (62-007), Table 17, "Highway construction price indexes", March 1981, p. 43.

[40] Statistics Canada, Consumer prices and price indexes, (62-010), quarterly, Oct.-Dec. 1980 issue.

[41] Statistics Canada, Employee compensation in Canada. All industries, (72-619) 1978 issue, 1980.

[42] Statistics Canada, Employment earnings and hours, (72-002), monthly.

[43] Statistics Canada, Motor vehicle traffic accidents, (53-206), Annual, discontinued 1976.

[44] Statistics Canada, National income and expenditive accounts. System of national accounts, (13-001), Table 21, "Implicit price indexes : Gross National Expenditure".

[45] Sumner, M.T., "Benefit-cost analysis in Canadian practice", Canadian Public Policy, vol. 6, Spring 1980, pp. 389-393.

[46] Sumner, M.T., "Comments on the public sector discount rate: response to Jenkins", Canadian Public Policy, vol. 6, Autumn 1980, pp. 648-650.

[47] Thaler, Richard and Sherwin Rosen, "The value of saving a life", in Nestor E. Terleckyj (ed), Household production and consumption, National Bureau of Economic Research, New York, 1976.

[48] Treasury Board, Planning Branch, Benefit-cost analysis guide, Information Canada, Ottawa, 1976.

[49] Tustin, Betty H., Investigation of anomalous rail-highway crossings, U.S.A., DOT, Federal Railroad Administration, Office of Safety, Washington, D.C., Jan. 1981.

[50] Ullman, Joseph E., Costs of owning and operating automobiles and vans 1979, U.S., DOT, Federal Highway Administration, Office of Highway Planning, Highway Statistics Division, 1980.

[51] United Kingdom, Department of Transport, Level crossing protection, Her Majesty's Stationery Office, London, 1978.

[52] United Kingdom, Department of Transport, Road Accident Costs 1979, 1980, Highway Economics Note No. 1, London, 1981, and Supplementary Note, April 1981.

[53] United States of America, Department of Commerce, Bureau of Economic Analysis, Survey of current business, Table 19, "Implicit price deflators for Gross National Product."

[54] United States of America, Department of Transportation, Federal Railroad Administration, Office of Safety, Accident/incident bulletin, Washington, D.C., No. 144 calendar year 1975 to No. 148 calendar year 1979.

[55] United States of America, Department of Transportation, Federal Railroad Administration, Office of Safety, Rail-highway crossing accident/incident and inventory bulletin, Washington, D.C., No. 1 calendar year 1978, No. 2 calendar year 1979.

[56] Van Belle, G., D. Meeter and W. Farr, "Influencing factors for railroad-highway grade crossing accidents in Florida", Accident Analysis and Prevention, vol. 7, 1975, pp. 103-112.

[57] Viscusi, W. Kip, "Labour market valuations of life and limb; empirical evidence and policy implications", Public Policy, vol. 26, Summer 1978, pp. 359-386.

[58] Wilde, G.J.S., L.J. Lake, M.B. McCarthy, An observational study of driver behaviour at signalized railroad crossings, Canadian Institute of Guided Ground Transport, Report No. 75-16, Kingston, Ontario, 1975.

APPENDICES

Appendix A

TERMS OF REFERENCE
CANADIAN TRANSPORT COMMISSION AND JOHN DODGSON
ASSISTANCE WITH COST APPORTIONMENT STUDY

The Railway Transport Committee through the Railway Act and the Railway Relocation and Crossing Act has control over the construction or reconstruction of grade separations and of the apportionment of costs between the road authority and the railway. The accepted formulae for this apportionment is included in General Order No. E-5 which has not been revised since 1955.

Increasing complexity and costs of these grade separations in recent years along with reductions in federal grants available have created a great deal of difficulty in using these existing cost apportionment formulae.

The Standards and Development Branch has commenced active negotiations involving the ten provinces and the railways with the objective of resolving this dilemma. The railways and the provinces will shortly have their positions determined and submitted to the Branch. The Branch must be in readiness to negotiate a consensus or present acceptable alternatives.

In support of this, the Branch must undertake a great deal of research of the past 25 years of grade separation projects, of hearings and decisions of the Committee and of the former Board of Transport Commissioners for Canada with respect to cost apportionment. The research will also deal with related aspects of grade separation work, such as clearances and crash deflectors.

The cost apportionment study includes an examination of the financial impact on the provinces, the railways and the public of the various positions presented by the provinces and the railways and also of the alternatives which will result from the general research. The consultant is expected to evaluate the impact of the various alternatives using analytical techniques, including cost/benefit analyses. He may also be required to provide impact to some of the related studies under the general cost apportionment study.

The general research has already commenced and the cost/benefit analysis should commence by May 15. It is anticipated that three months should provide sufficient time for this work and a report.

Appendix B

Railway Transport Committee
Standards and Development Branch:
URBAN TRANSPORTATION ASSISTANCE PROGRAM (UTAP)
ORDERS ISSUED BY
THE CANADIAN TRANSPORT COMMISSION TO DEC. 30, 1980

Road or Highway	Rwy.	Order	Date
	ONTARIO		
Kingston Rd. Rec. OH	CN	R-27255	July 21/78
Nelson Av., Ped. OH	CP	R-27289	July 28/78
Pape Ave. Ped. OH	CN	R-27290	July 28/78
Runnymede Rd. Rec. Subway	CP	R-27291	July 28/78
Main St. Rec. OH	CN	R-27292	July 28/78
Industrial Access Rd. OH	CP	R-27295	July 31/78
Erin Mills Pkwy. OH	CP	R-27297	July 31/78
Hwy. 90 MacTier OH	CP	R-27315	Aug. 3/78
Hwy. #11, Rec. Dual OH 145.08/145.11 Huntsville	CN	R-27316	Aug. 3/78
Hwy. #11, Add. OH 147.41, Huntsville	CN	R-27317	Aug. 3/78
Airport Rd. Huntsville OH	CN	R-27330	Aug. 3/78
Sidney St. Rec. Subway	CP	R-27345	Aug. 14/78
Hwy. #11, York Sub. Wid. OH	CN	R-27346	Aug. 14/78
Reg. Rd. #23 Subway	CP	R-27544	Sept. 6/78
Osler St., Ped. Over.	CP	R-27903	Nov. 6/78
Red River Rd. (formerly Arthur St.) Ped. OH	CN-CP	R-27939	Nov. 15/78
Fischer Rd. OH	CN	R-27994	Nov. 27/78
Imperial Rd. Subway	CN	R-28044	Dec. 12/78
Cannifton Rd. Subway	CN	R-28046	Dec. 7/78
McConnell Rd. OH	CN	R-28057	Dec. 12/78
Centre St. Subway	CN-CP	R-28181	Jan. 9/79
Wyandotte St., Rec. OH	CP	R-28381	Feb. 13/79
Bronte Rd. Subway	CN	R-28478	Mar. 12/79
Appleby Line Subway	CN	R-29056	May 29/79
Finch Ave. Rec. OH	CN	R-29405	Aug. 6/79
Lawrence Ave. E. OH	CN	R-29517	Aug. 27/79
Mohawk Rd. (Rec. OH)	CN	R-29541	Aug. 31/79
Colborne St. Rec. OH	CP	R-29684	Oct. 1/79
Lake Ave. (Rec. Subway)	CN	R-29759	Oct. 15/79
McLeod/Stanley Ave (Reg. Rd. #49) Subway	Conrail	R-30267	Jan. 18/80

Burnhamthorpe Rd. Subway	CP	R-30434	Feb. 25/80
County Road #38 (Rec. OH)	CN	R-30785	Apr. 30/80
Riverside Dr. (Subway)	CN	R-31123	July 8/80
Shorncliffe Subway	CP	R-31490	Oct. 7/80
Gardiners Rd. Subway	CN	R-31508	Oct. 10/80
Montgomery Rd. Subway	CP	R-31513	Oct. 16/80
Reg. Rd. No. 40 Bloomington Subway	CN	R-31534	Oct. 22/80
Reg. Rd. No. 14 Subway	CN	R-31557	Nov. 5/80
Ellesmere Ave. OH	CN	R-31627	Nov. 26/80
Grays Rd. OH	CN	R-31670	Dec. 3/80
Strachan Ave. Rec. OH	CN/TTR	R-31460	Sept. 23/80
Hwy. 404 Dual OH	CN	R-31691	Dec. 10/80
Ormont Drive Subway	CP	R-31045	June 20/80
Kennedy Rd. OH	CN	R-31731	Dec. 29/80
Fairview Ave. OH Burlington	CN	R-31775	Jan. 16/80
Highway 401 OH	CN	R-31681	Dec. 9/80

QUÉBEC

Rte. 132 OH	CN	R-27582	Sept. 13/78
Grand Blvd. Ped. OH	CP	R-27584	Sept. 13/78
Rtes. 116 & 134 Rec. OH	CN	R-31266	Aug. 1/80
Champlain Blvd. OH	CN	R-27600	Sept. 19/78
Rte. 132 Rec. Subway	CN	R-27601	Sept. 19/78
Galt St. Rec. OH	CN	R-27801	Oct. 23/78
Rte. 167 Subway	CN	R-28127	Dec. 22/78
Rte. 253 OH	CP	R-28264	Jan. 29/79
Ped. OH, Drummondville	CN	R-28316	Feb. 1/79
Rte. 53, St. Malachie (Rec.Sub)	CN	R-28474	Mar. 8/79
Autoroute 55 OH	CN	R-29585	Sept. 12/79
Rec. Hwy. No. 365 Rec. Sub (St. Jacques St. Sub.)	CN	R-31150	July 9/80

NEW BRUNSWICK

Newcastle Bypass Subway	CN	R-27811	Oct. 24/78
Beresford Rd. OH	CN	R-27812	Oct. 24/78

MANITOBA

Hwy. No. 12 OH St. Anne	CN	WDR-00003	Oct. 24/80

SASKATCHEWAN

9th Ave. S.W. OH Moose Jaw Mi. 1.02 Swift Current	CP	R-27890	Nov. 3/78

42nd St. (Circle Drive) Subway Saskatoon Mi. 5.7 Warman	CN	R-3123WD	July 29/80

ALBERTA

County Rd. Androssan 249.2 Wainwright Rec. Sub.	CN	R-27984	Nov. 24/78
Hwy. 47 Coalspur 1.04 Mountain Park OH	CN	R-28042	Dec. 7/78
Hwy. 16A Strathcona 167.2 Willingdon OH	CP	R-28991	May 24/79
Hwy. 16 Edmonton 3.84 Edson Dual Subway	CN	R-29198	June 29/79
Hwy 16 Subway 0.09 Silton	CN	R-29199	June 29/79
Hwy. 13 Subway Camrose 48.08 Brooks	CP	R-29318	July 24/79
Hwy. 901 (Indus) OH Mi. 158.13 Brooks	CP	R-30370	Feb. 11/80

BRITISH COLUMBIA

Hastings St. Rec. OH 0.77 Burrard Inlet Line	BNI	R-28403	Feb. 20/79
64th Avenue Rec. OH 734.06 Secord Sub.	BNI	R-28426	Feb. 21/79
Athalmer OH 68.7 Windermere	CP	R-28427	Feb. 24/79
Hwy. 3A OH 4.12 Boundary	CPL	R-29279	July 13/79
Seymour St. Rec. OH 0.2 Saanich Spur	CN		
Vernon St. Rec. OH 0.32 Saanich Spur		R-29375	Aug. 3/79
Kingsway Ave. Lower Rd. 110.10 Cascade Rec. Subway	CPL	R-30133	Dec. 19/79

[redacted]

RAPPORTS · CAHIERS DE RECHERCHE

Analyse économique de la répartition des coûts dans les projets d'étagement de voies

[redacted]

Canada

ANALYSE ÉCONOMIQUE DE LA RÉPARTITION DES COÛTS DANS LES PROJETS D'ÉTAGEMENT DE VOIES

Traduction du rapport intitulé:
"An Economic Rationale for Cost Apportionment in Grade Separation Projects"

par

John S. Dodgson
Faculté des Études économiques et commerciales
Université de Liverpool, Liverpool, Royaume-Uni

Rapport adressé à la Direction des normes et du perfectionnement des chemins de fer

COMMISSION CANADIENNE DES TRANSPORTS
Comité des transports par chemin de fer
et Direction de la recherche
Rapport n° 1982/08F
Août 1981

Original English text available-
"An Economic Rationale for Cost Apportionment in Grade Separation Projects", Report No. 1982/08E

Premier tirage, décembre 1982

Commission canadienne des transports
15, rue Eddy, 15e ét., Ottawa-Hull K1A 0N9

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1982
Numéro de catalogue TT72-1982/08F
ISBN 0-662-91871-1

Imprimé au Canada

AVANT-PROPOS

Le Comité des transports par chemin de fer de la Commission canadienne des transports est investi d'un mandat étendu pour assurer l'exploitation des chemins de fer canadiens selon des normes de sécurité. Ce mandat comporte la réduction des facteurs de danger qui peuvent causer des accidents aux passages à niveau. L'étagement de voies, bien qu'il soit considéré comme la solution la plus coûteuse, est le moyen le plus sûr de prévenir les accidents puisque les trains et les véhicules routiers se croisant à des niveaux différents ne peuvent jamais entrer en collision.

L'aide fédérale aux projets d'étagement de voies est régie par la Loi sur le déplacement des lignes et sur les croisements de chemins de fer de 1974, les subventions étant puisées au fond du Programme d'aide au transport urbain. Le financement est assuré par le gouvernement fédéral, le gouvernement de la province et le chemin de fer en cause. Le Comité des transports par chemin de fer est chargé de recommander au ministre des Transports la base de répartition des coûts entre les parties.

Le Comité des transports par chemin de fer réévalue actuellement la base de répartition des coûts des projets d'étagement des voies. Dans le cadre de cette réévaluation, on a confié la présente étude à M. John S. Dodgson de l'Université de Liverpool en Angleterre qui, à ce moment, était détaché auprès de l'Université de la Colombie-Britannique. Le rapport de M. Dodgson étudie la question à la lumière de deux principes possibles soit le principe des avantages, où les coûts d'un projet sont partagés entre les parties à proportion des avantages qu'en retire chacune, et le principe de la responsabilité des coûts, où les coûts d'un projet sont partagés entre les parties dans la mesure où chacune est cause de ces coûts.

L'étude de M. Dodgson est un projet indépendant exécuté sous la direction générale du personnel du Comité des transports par chemin de fer et de la Direction de la recherche de la Commission canadienne des transports. Les vues et les conclusions contenues dans ce rapport demeurent toutefois celles de M. Dodgson et ne reflètent pas nécessairement les vues de la Commission canadienne des transports ou de ses Comités ou Directions.

Le vice-président à la recherche,

Yves Dubé

Canada

REMERCIEMENTS

La recherche qu'a nécessitée le présent rapport a été commanditée conjointement par le Comité des transport par chemin de fer et la Direction de la recherche de la Commission canadienne des transports. Le mandat du rapport figure à l'appendice A. Pour l'aide qu'ils m'ont apportée dans la rédaction de ce rapport, je tiens à exprimer ma reconnaissance à MM. Doug Dunphy, Lindsay Morris, Bill Bell, Henry Heinrichs, Richard Konchak, Cecil Spicer et John Stultz du Comité des transports par chemin de fer de la CCT. Je remercie également M. Gillermo Ruan, autrefois de Transports Canada, et M. Ewald Gaudes, de l'Université de Waterloo, qui m'ont permis d'utiliser le programme d'ordinateur qu'ils ont conçu pour l'analyse des projets d'étagement de voies et m'ont conseillé sur son utilisation. J'aimerais également remercier les personnes et les organismes suivants qui m'ont fourni des renseignements utiles pour la présente étude:

M. Alec Herwenek, M^me^ Debbie McElrath,
M^me^ Rosannah Shih,
ministère des Transports de l'Alberta
M. John Schercinger,
Association of American Railroads
M. Jim Speirs,
Canadien National
M. Ram Sahi,
Énergie, Mines et Ressources Canada
M. Doug Wale,
ministère des Transports et des Communications de l'Ontario
M. Edwin Farr,
Transportation Systems Center, Cambridge (Mass.)
MM. Paul Gutoskie et J.J. Lawson,
Transports Canada
M. J.R. Frankham, Lieut.-Col. A.G. Townsend-Rose,
ministère des Transports du Royaume-Uni
M^me^ Janet Coleman, M. Cliff Comu, M. Joe Ullman,
U.S. Federal Highway Administration
M. Bruce George, M^me^ Betty Tustin,
U.S. Federal Railroad Administration

Le contenu du rapport n'engage en rien la responsabilité des personnes susmentionnées ni ne correspond nécessairement à leur opinion.

TABLF DES MATIÈRES

APERÇU GÉNÉRAL 1

Chapitre 1 INTRODUCTION 3

Chapitre 2 PRINCIPES DE RÉPARTITION DES COÛTS 7

2.1 Critères de répartition des coûts 7
2.1.1 Répartition des ressources 7
2.1.2 Équité 8
2.1.3 Simplicité administrative 8
2.2 Principes de la répartition des coûts selon les avantages et de la répartition des coûts selon la responsabilité 8
2.3 Capacité et hauteurs libres 9
2.4 Répartition des coûts dans les projets d'étagement de voies; nécessité d'évaluer les coûts et les avantages 13

Chapitre 3 AVANTAGES DES ÉTAGEMENTS DE VOIES 15

3.1 Accidents aux passages à niveau 16
3.1.1 Accidents aux passages à niveau où il y a un train en cause 17
3.1.2 Accidents aux passages à niveau où il n'y a pas de train en cause 21
3.2 Retards causés aux véhicules routiers 24
3.3 Retards causés aux trains 27
3.4 Économies dans les coûts d'entretien 30

Chapitre 4 INDICES DES PRIX, TAUX D'ACTUALISATION ET DURÉE UTILE DES OUVRAGES 33

4.1 Évolution du niveau des prix 33
4.2 Choix d'un taux d'actualisation 36
4.3 Durée utile des ouvrages 37

Chapitre 5 ESTIMATIONS DANS L'ANALYSE DES AVANTAGES DES PROJETS D'ÉTAGEMENT DE VOIES 39

5.1 Avantages en termes de diminution du nombre d'accidents 39
5.1.1 Introduction 39
5.1.2 Accidents où il y a un train en cause 44

5.1.3 Accidents où il n'y a pas de train en cause 49
5.2 Avantages en termes de diminution des retards causés aux véhicules 52
5.2.1 Économies de temps 52
5.2.2 Économies de carburant 56
5.2.3 Économies dans l'usure des pneus 59

Chapitre 6 RÉPARTITION DES COÛTS POUR LA CONSTRUCTION DE NOUVEAUX ÉTAGEMENTS DE VOIES 61

6.1 Méthode d'analyse 61
6.2 Projets considérés 70
6.3 Analyse des résultats 72
6.3.1 Valeurs actualisées 72
6.3.2 Types d'avantages 73
6.3.3 Types d'avantages en tant que pourcentages des coûts totaux de construction 79
6.4 Implications du choix de l'un ou l'autre principe de répartition des coûts 84
6.4.1 Répartition des coûts selon le principe des avantages. Qui retire les avantages? 84
6.4.2 Répartition des coûts selon le principe de la responsabilité des coûts. Qui occasionne les dépenses? 85
6.4.3 Principe qu'il convient d'appliquer 89

Chapitre 7 RÉPARTITION DES COÛTS DE RECONSTRUCTION D'ÉTAGEMENTS DE VOIES 93

Chapitre 8 ENTRETIEN DES ÉTAGEMENTS DE VOIES 101

Chapitre 9 CONCLUSIONS 103

RÉFÉRENCES 105

APPENDICES 111

A Mandat, Commission canadienne des transports et John Dodgson: Étude de la répartition des coûts 113

B Programme d'aide au transport urbain (PATU), ordonnances de la Commission canadienne des transports jusqu'au 30 décembre 1980 115

TABLEAUX

2.1	Exemple de la répartition du coût d'accroissement par suite d'augmentations de la capacité	12
3.1	Accidents à des passages à niveau où il n'y a pas de train en cause	22
3.2	Coûts occasionnés par le retard des trains, CN, prix de 1981	29
3.3	Coûts annuels d'entretien des passages à niveau, prix de 1980	31
4.1	Indices des prix utilisés dans l'étude	34
5.1	Estimation d'une diminution du risque de pertes de vie	43
5.2	Coût moyen par accident: accidents où il y a un train en cause (valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie), en dollars canadiens de 1980	46
5.3	Coût moyen par accident: accidents où il y a un train en cause (valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie), en dollars canadiens de 1980	47
5.4	Coût moyen par accident: accidents où il n'y a pas de train en cause (valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie), en dollars canadiens de 1980	50
5.5	Coût moyen par accident: accidents où il n'y a pas de train en cause (valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie), en dollars canadiens de 1980	51
5.6	Valeurs des économies de temps	55
5.7	Motif de déplacement: automobilistes en Ontario	57
5.8	Prévisions du prix de l'essence, moyenne canadienne, prix de 1980	58
6.1	Valeurs actualisées des projets, en millions de dollars, prix de 1980	63
6.2	Pourcentages de tous les avantages actualisés; taux d'actualisation de 5 %, valeur "faible" du temps et valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie	75

6.3 Pourcentages de tous les avantages actualisés; taux d'actualisation de 10 %, valeur "faible" du temps et valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie 75

6.4 Pourcentages de tous les avantages actualisés; taux d'actualisation de 5 %, valeur "faible" du temps et valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie 76

6.5 Pourcentages de tous les avantages actualisés; taux d'actualisation de 10 %, valeur "faible" du temps et valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie 76

6.6 Pourcentages de tous les avantages actualisés; taux d'actualisation de 5 %, valeur "élevée" du temps et valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie 77

6.7 Pourcentages de tous les avantages actualisés; taux d'actualisation de 10 %, valeur "élevée" du temps et valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie 77

6.8 Pourcentages de tous les avantages actualisés; taux d'actualisation de 5 %, valeur "élevée" du temps et valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie 78

6.9 Pourcentages de tous les avantages actualisés; taux d'actualisation de 10 %, valeur "élevée" du temps et valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie 78

6.10 Pourcentages des coûts totaux de construction; taux d'actualisation de 5 %, valeur "faible" du temps et valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie 80

6.11 Pourcentages des coûts totaux de construction; taux d'actualisation de 10 %, valeur "faible" du temps et valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie 80

6.12 Pourcentages des coûts totaux de construction; taux d'actualisation de 5 %, valeur "faible" du temps et valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie 81

6.13 Pourcentages des coûts totaux de construction; taux d'actualisation de 10 %, valeur "faible" du temps et valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie 81

6.14 Pourcentages des coûts totaux de construction; taux d'actualisation de 5 %, valeur "élevée" du temps et valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie 82

6.15 Pourcentages des coûts totaux de construction; taux d'actualisation de 10 %, valeur "élevée" du temps et valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie 82

6.16 Pourcentages des coûts totaux de construction; taux d'actualisation de 5 %, valeur "élevée" du temps et valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie 83

6.17 Pourcentages des coûts totaux de construction; taux d'actualisation de 10 %, valeur "élevée" du temps et valeur "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie 83

6.18 Répartition des coûts selon le principe des avantages 86

6.19 Répartition des coûts selon le principe de la responsabilité 88

APERÇU GÉNÉRAL

L'objet du présent rapport est de définir des principes de base pour la répartition des coûts de projets d'étagement de voies entre l'administration routière et le chemin de fer, une fois fixée la contribution fédérale aux termes de la Loi sur le déplacement des lignes et sur les croisements de chemins de fer de 1974. Nous pensons qu'il y a deux principes de base pour la ventilation des coûts:

a) le principe de la répartition des coûts selon les avantages: les parties en cause partagent les coûts de tout programme à proportion des avantages qu'en retire chacune; et

b) le principe de la répartition des coûts selon la responsabilité: les parties en cause partagent les coûts de tout programme en fonction de la responsabilité de chacune quant à la nécessité de ces coûts.

On peut considérer que si une partie requiert l'engagement de frais additionnels pour bénéficier d'une capacité ou de hauteurs libres supplémentaires, les deux principes susmentionnés obligent la partie qui demande l'exécution des travaux à en supporter (sous réserve de la contribution fédérale) les coûts puisque c'est à elle que reviendront les avantages de la capacité accrue. Ceci s'applique également aux projets de construction nouvelle et de reconstruction.

Pour les programmes ne comportant pas d'augmentation importante de la capacité, nous devons pouvoir, toujours selon les deux principes, évaluer les avantages créés par les étagements de voies et les coûts entraînés par les passages à niveau. Pour s'inscrire dans une perspective sociale d'analyse coûts-avantages, le rapport considère donc en détail l'évaluation de ces avantages et de ces coûts en termes matériels et monétaires. Afin d'analyser les avantages des projets d'étagement de voies, nous faisons un relevé des coûts des accidents et des coûts entraînés par toutes sortes de retards et nous traitons les données à l'aide d'un programme d'ordinateur mis au point par Transports Canada. Les résultats servent ensuite à déterminer les avantages actualisés d'un certain nombre de projets d'étagement de voies financés aux termes du Programme d'aide au transport urbain (PATU). Nous répartissons les avantages en différentes catégories pour chacun de ces programmes et nous montrons comment ces résultats peuvent être utilisés pour appliquer à la ventilation des coûts le principe de la répartition selon les avantages ou le principe de la répartition selon la responsabilité.

Les résultats révèlent que si l'on applique le principe de la répartition selon les avantages, le chemin de fer ne supporterait qu'une faible part des coûts résiduels (faible part légèrement supérieure, toutefois, à celle qu'il semble souvent supporter actuellement), une fois considérée la contribution fédérale, mais que si l'on applique le principe de la répartition selon la responsabilité, le chemin de fer devrait supporter une portion des coûts très supérieure à la portion actuelle. Nous expliquons pourquoi le principe de la répartition selon la responsabilité peut en fait être celui qu'il convient d'utiliser.

Nous utilisons ensuite les même principes pour étudier la répartition des coûts relatifs à un échantillon de projets de reconstruction également financés aux termes du PATU. Enfin, le rapport examine les coûts d'entretien des structures de croisement étagé et présente un court résumé des principales conclusions.

Chapitre 1

INTRODUCTION

On définit un passage à niveau comme le croisement, à un même niveau, d'une route et d'un chemin de fer, de sorte que la circulation sur l'une peut éventuellement nuire à la circulation sur l'autre. Un étagement de voies est défini comme le croisement sur deux niveaux distincts d'une route et d'un chemin de fer, de sorte qu'il n'est pas possible que les mouvements de circulation se nuisent. Les étagements de voies peuvent donc éliminer les coûts qu'entraîne le croisement de la circulation à un même niveau.

Ce rapport vise à définir une base économique logique pour la répartition des coûts des projets d'étagement de voies entre les parties en cause. Ces parties sont: a) le gouvernement fédéral, b) l'administration routière, et c) le chemin de fer. Le principal problème est d'établir, une fois connue la contribution fédérale, la portion des coûts des projets de construction ou de reconstruction de croisements étagés devant être assumée par l'administration routière et par le chemin de fer.

Les articles 16, 17 et 20 de la Loi sur le déplacement des lignes et sur les croisements de chemins de fer de 1974 régissent l'aide fédérale pour les projets d'étagement de voies. Cette aide est présentement accordée en vertu du Programme d'aide au transport urbain (PATU). Le reste du financement est déterminé non par les dispositions de la Loi, mais par le Comité des transports par chemin de fer de la Commission canadienne des transports qui, en s'inspirant d'une version augmentée de l'Ordonnance générale n° E-5, en définit les modalités.

L'article 16 de la Loi de 1974 vise la construction aux passages à niveau et la reconstruction de croisements étagés, dans les cas où les coûts du projet excèdent 1 250 000 $. Pour les programmes de nouvelle construction, la Loi limite la contribution fédérale à 80 % des premiers 1 250 000 $, 60 % des 3 750 000 $ suivants et 40 % de tout montant par lequel le projet excède 5 000 000 $. Après la détermination de la contribution fédérale, le Comité des transports par chemin de fer de la Commission canadienne des transports répartit la différence entre l'administration routière et le chemin de fer. En règle générale, ce dernier doit payer 5 % du coût total jusqu'à concurrence de 62 500 $, sauf s'il en est décidé autrement. L'administration routière paie le reste. Pour les programmes de reconstruction visés par l'article 16 de la Loi de

1974, la limite supérieure de la contribution fédérale est de 50 % des premiers 1 250 000 $, 37 1/2 % des 3 750 000 $ suivants et 25 % de tout montant au-delà de 5 000 000 $. Le chemin de fer doit généralement payer 12 1/2 % du coût total jusqu'à concurrence de 156 250 $, sauf s'il en est décidé autrement. L'administration routière paie le reste.

L'article 17 de la Loi de 1974 porte sur la construction d'un nouveau croisement étagé (c'est-à-dire, où il n'y avait pas de passage à niveau). Dans ce cas, la contribution fédérale est de 50 % et l'administration routière paie normalement la différence.

Enfin, l'article 20 s'applique aux programmes de construction et de reconstruction à des passages à niveau lorsque le coût total est inférieur à 1 250 000 $. La contribution fédérale maximale se situe alors à 80 % pour les nouvelles constructions et à 50 % pour les reconstructions. En règle générale, le chemin de fer et l'administration routière doivent supporter respectivement le quart et les trois quarts de la différence. Ainsi, le chemin de fer et l'administration routière assumeraient respectivement 5 % et 15 % des coûts totaux des constructions nouvelles, et respectivement 12 1/2 % et 37 1/2 % des coûts totaux des reconstructions.

Nous pouvons résumer comme suit l'effet de ces règlements*:

Nouvelles constructions à des passages à niveaux:

Premiers 1 250 000 $:
Fédéral, 80 %
Administration routière, 15 %
Chemin de fer, 5 %

3 750 000 $ suivants:
Fédéral, 60 %
Administration routière, 40 %
Chemin de fer, 0 %

Tout coût additionnel:
Fédéral 40, %
Administration routière, 60 %
Chemin de fer, 0 %

Reconstruction d'étagements de voies:

Premiers 1 250 000 $:
Fédéral, 50 %
Administration routière, 37 1/2 %
Chemin de fer, 12 1/2 %

---

* Nous examinerons ultérieurement les coûts d'entretien des étagements de voies.

3 750 000 $ suivants:
Fédéral, 37 1/2 %
Administration routière, 62 1/2 %
Chemin de fer, 0 %

Tout coût additionnel:
Fédéral, 25 %
Administration routière, 75 %
Chemin de fer, 0 %

Constructions à de nouveaux croisements:

Fédéral, 50 %
Administration routière, 50 %
Chemin de fer, 0 %

Comme ces méthodes de répartition des coûts ont suscité des controverses, nous allons nous demander sur quelles bases pourrions-nous logiquement répartir les coûts. Au chapitre 2, notre recherche d'un critère de répartition des coûts dégage deux principes rationnels: ce sont le principe de la répartition des coûts selon les avantages et le principe de la répartition des coûts selon la responsabilité. Afin de pouvoir mettre en pratique l'un ou l'autre de ces principes, nous devons être en mesure d'évaluer les avantages créés par la construction d'étagements de voies. Ces avantages correspondent aux coûts occasionnés par les passages à niveau et qui, donc, sont éliminés par la construction d'étagements de voies.

Le rapport vise ensuite à décrire les modalités d'évaluation de ces avantages et les moyens de répartir, entre les intéressés et selon les deux principes dont nous avons parlé, les coûts en capital des projets d'étagement de voies. Nous cherchons donc à évaluer les avantages et les coûts pour chacune des parties en cause. Nous pouvons à cette fin utiliser la méthode de l'analyse coûts-avantages. Il s'agit d'une technique avancée dont le Conseil du trésor [48] a recommandé l'usage pour améliorer la prise de décision gouvernementale en matière d'affectation des ressources au Canada. Malgré que cette méthode suscite des problèmes de mesure et d'évaluation, elle peut être d'une grande utilité pour analyser globalement et systématiquement l'information et pour faire ressortir les conséquences des différents choix.

Un des domaines où l'analyse coûts-avantages est largement utilisée est l'analyse des coûts et des avantages des améliorations au réseau routier. L'emploi de la méthode d'analyse coûts-avantages dans le cas des croisements étagés ne crée pas plus de problèmes que dans le cas d'autres projets routiers. En fait, un certain nombre d'études antérieures ont fait appel à l'analyse coûts-avantages pour analyser des décisions relatives à des étagements de voies et à des déplacements de lignes de chemin de fer (voir, par exemple, [20], [25], [28] et [31]). Fait plus important pour notre

étude, la Direction du déplacement des voies ferrées et des croisements ferroviaires de Transports Canada a récemment perfectionné cette méthode pour l'analyse des programmes d'étagement de voies [33]. Un programme d'ordinateur, le programme d'analyse des chemins de fer de Transports Canada, analyse les avantages, en termes de réduction du ralentissement de la circulation et du nombre d'accidents, qu'entraîne la diminution de la circulation à un passage à niveau donné. L'existence de ce programme s'est avérée très utile pour notre étude. Un rapport de son créateur donne tous les détails sur le programme [18]. L'utilisateur du programme introduit des données sur la circulation routière et ferroviaire au passage à niveau, de même que des renseignements détaillés sur les caractéristiques matérielles de la route, du chemin de fer et du croisement et sur les coûts du temps, du carburant, des pneus et des accidents. À partir de ces données, le programme évalue la durée pendant laquelle le passage à niveau bloque la route pour permettre aux trains de passer et retarde donc la circulation routière. Le programme évalue également les retards attribuables aux véhicules qui doivent obligatoirement s'arrêter (les autobus) ou qui ralentissent parce que la chaussée est inégale à cet endroit. Dans tous ces calculs, il est tenu compte du ralentissement général de la circulation attribuable au temps qu'il faut à une file de véhicules pour reprendre sa vitesse. Le surcroît de consommation de carburant et d'usure des pneus est évalué pour tous ces types de retards. En outre, le programme comporte des modèles de prévision et de gravité des accidents qui donnent le nombre probable d'accidents de genres divers à un passage à niveau. Les différentes estimations de retards et d'accidents se voient attribuer une valeur; la version la plus récente du programme permet d'attribuer une valeur actualisée aux avantages pour la durée utile d'un étagement de voies.

Chapitre 2

PRINCIPES DE RÉPARTITION DES COÛTS

Dans ce chapitre, nous allons considérer les principes qui peuvent être un facteur de répartition des coûts dans les programmes d'étagement de voies. En conséquence, nous porterons notre attention sur l'examen de différents principes de répartition des coûts. La suite de ce rapport sera dans une large mesure une analyse des conséquences de ces principes pour la répartition des coûts.

2.1 Critères de répartition des coûts

Nous allons d'abord envisager les critères d'après lesquels on pourra évaluer les principes de répartition. Trois principaux critères paraissent convenir:

2.1.1 Répartition des ressources

Il s'agit ici de s'assurer que les décisions qui sont prises le sont dans le meilleur intérêt de la société. La nature même de la méthode de répartition des coûts est susceptible d'avoir un effet sur la volonté des parties en cause d'assumer leur part des programmes au niveau de la conception et des travaux de construction. Par exemple, si une des parties n'assumait qu'une très faible part du coût total d'un programme, cette partie aurait intérêt à encourager la construction d'un projet tant et aussi longtemps que les avantages qu'elle retirerait du projet seraient supérieurs à sa propre contribution, et cela même si la somme de tous les avantages du programme pour la société dans son ensemble était de beaucoup inférieure au coût total des travaux de construction. Le même problème survient quand des modifications apportées à des projets entraînent un coût différentiel, par exemple, pour la construction de voies routières ou de voies ferrées supplémentaires, qui serait inférieur à l'augmention des avantages que procurerait une capacité accrue. Mais, là encore, les avantages supplémentaires pour une des parties peuvent être supérieurs à la contribution de cette partie au coût d'accroissement, et l'on est de nouveau aux prises avec un problème de répartition des ressources. Il y a donc une relation importante entre la méthode de répartition des coûts, la qualité de la décision en ce qui a trait à l'étagement de voies et la conception de l'étagement lui-même. Cette relation paraît intéresser particulièrement la capacité et les hauteurs libres, c'est-à-dire la conception du projet, et nous verrons plus loin comment il faut aborder cette question.

2.1.2 Équité

L'application de ce principe a pour but de faire en sorte que le partage des coûts soit d'une manière ou d'une autre "raisonnable". C'est jusqu'à un certain point une question de jugement et, comme le partage du coût total de construction se fait généralement entre trois parties (le gouvernement fédéral, l'administration routière et la compagnie de chemin de fer), on a ce qu'on peut appeler un "jeu à somme nulle" dans lequel ce qu'une des parties gagne en termes de réduction de sa participation représente forcément une perte pour ses partenaires. Ainsi, il ne sera peut-être jamais possible de définir un partage des coûts qui satisfasse pleinement toutes les parties.

2.1.3 Simplicité administrative

Une autre caractéristique que devrait avoir tout régime de partage des coûts est une relative simplicité administrative.Cela signifie que les règles du partage doivent être simples et n'imposer de coûts exagérés ni à la partie chargée de l'administration, ni aux autres parties. Cet objectif peut être incompatible avec les autres objectifs, aussi faut-il tâcher d'établir un juste équilibre entre la simplicité administrative et les autres critères.

2.2 Principes de la répartition des coûts selon les avantages et de la répartition des coûts selon la responsabilité

Après avoir expliqué les critères souhaitables de répartition des coûts, on peut maintenant parler des deux principes fondamentaux de répartition des coûts qui ont été proposés. Ces deux principes sont les suivants:

a) le principe des avantages, et

b) le principe de la responsabilité des coûts.

Le principe des avantages: Le fondement du principe des avantages est que la partie qui reçoit les avantages d'un projet d'étagement de voies doit en assumer les coûts ou, si plusieurs parties bénéficient d'avantages, que ces parties doivent supporter les coûts proportionnellement aux avantages qu'elles retirent du projet. Le même principe s'applique lorsque des modifications dans le plan (par exemple, dans la capacité) d'un projet entraînent des changements dans les coûts d'accroissement et dans les avantages supplémentaires, c'est-à-dire que la partie qui bénéficie des avantages supplémentaires doit payer les coûts d'accroissement.

Le principe de la responsabilité des coûts: Le fondement de ce principe est que la partie qui impose le coût doit assumer ce coût (ou assumer le coût de l'enlever si ce

dernier coût est inférieur*). Cela veut dire que les décideurs ne prendront que des décisions qui procurent des avantages nets à la société, puisqu'ils seront obligés de tenir compte de tous les coûts qu'ils imposent aux autres.

Pour voir comment ces principes fonctionnent en pratique, il importe de bien faire la distinction entre les coûts et les avantages d'un étagement de voies de base, d'une part, et, d'autre part, les coûts d'accroissement et les avantages supplémentaires qu'entraîne une augmentation de la capacité et des hauteurs libres par rapport aux coûts et aux avantages de la construction d'un étagement de voies de base. Nous allons d'abord considérer la question de la capacité et des hauteurs libres.

2.3 Capacité et hauteurs libres

Envisageons le cas où une route à deux voies croise un chemin de fer à deux voies. L'existence de cette intersection entraîne des coûts attribuables aux accidents, aux retards et à l'entretien. On peut éliminer ces coûts en construisant un étagement à deux voies au-dessus et au-dessous du chemin de fer. Ainsi, les avantages du projet d'étagement de voies seront la réduction des coûts qu'entraîne l'existence du passage à niveau. Ces coûts, les deux parties (l'administration routière et la compagnie de chemin de fer) se les imposent réciproquement. Les deux parties en cause profiteront par conséquent l'une et l'autre des avantages de l'étagement de voies. C'est cette interdépendance entre les parties qui rend problématique le choix de la bonne méthode pour appliquer le principe des avantages ou celui de la responsabilité des coûts dans la répartition des coûts de l'étagement de voies de base**. La suite de ce rapport servira, en grande partie, à montrer comment on peut utiliser les principes de l'analyse coûts-avantages pour démêler cette interdépendance dans le but de rendre opérationnelle la répartition des coûts d'étagements de voies de base conformément au principe des avantages ou au principe de la responsabilité des coûts.

S'il y a augmentation dans la capacité, il est beaucoup plus facile d'appliquer le principe des avantages et de la responsabilité des coûts parce que le problème de l'inter-

---

* Cela veut dire que si l'une des parties fait accepter une dépense d'un million de dollars pour un passage à niveau, mais que le coût d'un étagement de voies serait de 800 000 $, alors le principe de la répartition des coûts selon la responsabilité entraînerait une contribution maximale de 800 000 $ eu égard au coût de l'étagement de voies, c'est-à-dire que la contribution maximale ne peut dépasser 100 %.

** Nous définissons l'étagement de voies de base comme un étagement de voies qui ne modifie pas la capacité qu'aurait la route ou le chemin de fer sans étagement de voies.

dépendance est beaucoup moins important. Considérons le cas où l'on veut augmenter de deux à quatre voies la capacité d'une route dans notre étagement de voies. Quels que soient les avantages d'un tel accroissement de la capacité (et ils résideraient principalement dans une réduction des coûts de congestion de la circulation, s'il y avait congestion de la route à deux voies), l'essentiel est que, manifestement, ce sont l'administration routière et les automobilistes qui retireraient les avantages, et non la compagnie de chemin de fer. Nous avons donc une situation où les coûts de construction augmentent parce qu'on ajoute deux voies routières et où ce sont les automobilistes qui retirent les avantages. L'administration routière se trouve donc à la fois à imposer les coûts et à recevoir les avantages. Les deux principes, celui des avantages comme celui de la responsabilité des coûts, nous conduisent à penser que l'administration routière devrait supporter les coûts différentiels en capital. On pourrait calculer les avantages supplémentaires par des méthodes (assez sophistiquées) de modélisation du trafic et par l'analyse coûts-avantages, mais c'est l'administration routière qui est l'organisation la mieux placée pour mesurer les avantages et, comme c'est elle qui profite de ces avantages, c'est à elle qu'on devrait laisser le soin de les mesurer. Elle peut alors décider si les avantages supplémentaires qu'elle pourrait retirer justifient la dépense supplémentaire. Cela empêchera d'exagérer la capacité voulue pour un étagement de voies.

On peut utiliser la même approche pour l'accroissement de la capacité d'un chemin de fer. Considérons le cas où l'on veut augmenter de deux à quatre voies la capacité d'un chemin de fer. Ceci augmentera sans doute les coûts de construction de l'étagement de voies. Il en découlera des avantages, mais il est assez évident que ce sera pour la compagnie de chemin de fer et (ou) les usagers du train, et non pour l'administration routière. Ces avantages peuvent prendre plusieurs formes. Une augmentation de la capacité peut réduire les coûts d'exploitation si elle élimine l'aiguillage des trains lents sur une voie d'évitement (aiguillage qui se traduit par des retards et d'autres coûts*) pour laisser passer des trains plus rapides; ou elle peut permettre à plus de trains de circuler, ce qui accroît les revenus du chemin de fer (si les trains sont de nouveaux trains) ou diminue ses coûts (si les trains sont retirés d'autres itinéraires plus coûteux d'exploitation). Or, tous ces avantages sont pour la compagnie de chemin de fer et c'est elle qui se trouve dans la meilleure position pour déterminer quels sont les avantages et s'ils justifient les coûts supplémentaires (par exemple, pour l'entretien des voies additionnelles) qu'entraîne une capacité accrue. Ainsi, dans ce cas, la compagnie de chemin de fer impose les coûts et retire les avantages d'une capacité accrue (d'utilisation des trains) de l'étagement de voies. Donc, le principe des avantages et celui de la responsabilité des coûts nous conduisent à penser

---

* Voir chapitre 3, page 28, pour quelques chiffres sur ces coûts.

que ce devrait être la compagnie de chemin de fer qui supporte les coûts d'accroissement (et, par le fait même, décide si elle veut assumer ces coûts d'accroissement). Cela constituera une garantie contre l'exagération de la capacité de trafic ferroviaire pour un étagement de voies.

Les mêmes remarques s'appliquent dans les cas d'augmentation des hauteurs libres pour le chemin de fer (par exemple, pour permettre une éventuelle électrification). L'augmentation des hauteurs libres entraîne des coûts additionnels de construction et des avantages dont profitera la compagnie de chemin de fer. C'est donc elle qui devrait supporter les frais qu'impose à la société la construction d'étagements à hauteurs libres accrues.

En résumé, nous avons dit que là où l'on envisage une capacité supérieure à la capacité simple, la partie qui réclame une capacité ou une hauteur libre supplémentaire devrait assumer les coûts d'accroissement (avec peut-être l'aide du gouvernement fédéral) occasionnés par un étagement de voies qui augmenterait la capacité. Qui plus est, c'est aux parties en cause que devrait incomber la responsabilité de décider si elles désirent une plus grande capacité.

Un problème survient quand les deux parties souhaitent augmenter la capacité et les hauteurs libres, puisque dans de telles circonstances, le coût d'accroissement total pour augmenter la capacité à la fois de la route et du chemin de fer peut dépasser la somme des coûts d'augmentation de la capacité de la route seulement ou du chemin de fer seulement. Toutefois, on peut partager le coût total d'accroissement entre les deux parties à proportion des coûts d'accroissement respectifs. Un exemple simple (abstraction faite de toute contribution fédérale) peut nous éclairer. Le tableau 2.1 A. montre les coûts possibles de construction d'un étagement de voies fictif pour remplacer un passage à niveau où une route et un chemin de fer ont l'un et l'autre deux voies. Si l'on veut conserver la même capacité, le coût est de 3 millions de dollars. Un accroisse-ment de la capacité de la route de deux à quatre voies fait passer les coûts de 3 à 4,5 millions, alors que l'accroissement de la capacité du chemin de fer de deux à quatre voies fait passer les coûts de 3 à 3,8 millions. En augmentant la capacité de la route et du chemin de fer, le coût passerait à 5 millions. Donc, si l'on n'accroît que la capacité de la route, l'administration routière devra payer le coût d'accroissement de 1,5 million (voir tableau 2.1 B.) plus une partie du coût de base de 3 millions. S'il n'y a que la capacité du chemin de fer qui est accrue, la compagnie de chemin de fer devra payer le coût d'accroissement de 0,8 million plus une partie du coût de base de 3 millions. Si l'on augmente simultanément la capacité de la route et celle du chemin de fer, le coût d'accroissement est de 2 millions, ce qui représente un coût inférieur à la somme des deux coûts d'accroissement séparés, soit 1,5 et 0,8 million de dollars. Nous proposons

Tableau 2.1

EXEMPLE DE LA RÉPARTITION DU COÛT D'ACCROISSEMENT PAR SUITE D'AUGMENTATIONS DE LA CAPACITÉ

A. Coûts totaux de construction, en millions de dollars:

Capacité du chemin de fer	Capacité de la route	
	Deux voies	Quatre voies
Deux voies	3,0	4,5
Quatre voies	3,8	5,0

B. Coûts d'accroissement de construction, en millions de dollars:

Capacité du chemin de fer	Capacité de la route	
	Deux voies	Quatre voies
Deux voies	-	1,5
Quatre voies	0,8	2,0

cependant de répartir le coût total d'accroissement proportionnellement aux coûts d'accroissement séparés. La contribution de l'administration routière sera donc de

$$2 \times 1,5/2,3 = 1,3 \text{ million de \$}$$

et celle de la compagnie de chemin de fer de

$$2 \times 0,8/2,3 = 0,7 \text{ million de \$}$$

et la somme des deux contributions est bien égale au coût d'accroissement total.

Un problème plus sérieux se présente quand il s'agit de définir ce qu'on entend par projet d'"étagement de voies de base". Nous avons défini ce type de projet dans le deuxième renvoi de la page 9 comme étant un projet d'étagement de voies qui ne change pas la capacité qu'aurait eue une route ou un chemin de fer sans étagement de voies. Cela signifie qu'il est indispensable de tenir compte non seulement de la capacité de la route et du chemin de fer au moment où l'on prépare les plans d'un projet d'étagement de voies, mais aussi des changements dans la capacité qui devront être faits, par la compagnie de chemin de fer ou par l'administration routière, dans un avenir relativement proche (par exemple, dans les cinq années suivant les travaux de construction) dans l'hypothèse où il n'y avait pas eu d'étagements de voies. Pour ce faire, il faut considérer les récentes tendances de la circulation (routière ou ferroviaire) et de voir si ces tendances, de même que les niveaux actuels de la circulation et la capacité de réserve, peuvent mener à la décision d'accroître la capacité à un passage à niveau dans les premières années de la durée utile du projet. Il serait difficile d'établir des règles absolues mais, essentiellement, il s'agit pour l'organisme qui gère le projet, connaissant la circulation actuelle et les prévisions de la circulation future à un endroit précis, de juger quelle capacité devrait normalement avoir l'étagement de voies. Ainsi, cet organisme devrait avoir une attitude critique vis-à-vis toute proposition d'accroissement important dans la capacité (particulièrement pour les propositions d'accroissement qui occasionnent des augmentations sensibles dans les coûts de construction) de l'une ou l'autre des parties. À cet effet, l'organisme peut exiger de la partie qui réclame une plus grande capacité qu'elle donne des détails (plutôt que de vagues comptes rendus) sur ses prévisions touchant la circulation et sur les coûts qu'elle prévoit subir si la capacité est insuffisante.

2.4 Répartition des coûts dans les projets d'étagement de voies; nécessité d'évaluer les coûts et les avantages

Au début de la section précédente, nous avons noté que les avantages d'un étagement de voies de base résidaient dans la réduction des coûts occasionnés par l'existence d'un passage à niveau. Conséquemment, si nous voulons considérer la

répartition des coûts selon le principe des avantages ou selon le principe de la responsabilité des coûts, nous devons pouvoir mesurer les coûts et avantages. Nous pouvons pour cela utiliser l'analyse des coûts-avantages sociaux. Cette technique, communément appelée analyse coûts-avantages, mesure tous les coûts et avantages d'un projet, sans s'attacher à déterminer qui profite des avantages et qui supporte les coûts. Cette technique mesure donc les coûts et les avantages pour la société, la société étant ici composée de toutes les parties que touche une décision (compagnie de chemin de fer, usagers des trains, administration routière, automobilistes, etc.)*.

En conséquence, la suite de notre exposé consistera principalement à montrer comment on peut mesurer les coûts et les avantages des passages à niveau et des étagements de voies et comment ces coûts et ces avantages peuvent être utilisés pour répartir les coûts. Au chapitre 3, nous passons en revue les différents avantages des étagements de voies et montrons comment ils peuvent être évalués à l'aide du programme informatique d'analyse des croisements de chemins de fer de Transports Canada. Au chapitre 4, nous posons les hypothèses quant aux indices de prix et au taux d'actualisation qui doivent nécessairement précéder toute analyse coûts-avantages. Au chapitre 5, nous traitons en détail de la question de l'estimation des différents avantages des étagements de voies par comparaison avec les coûts qu'entraîne la conservation des passages à niveau (coûts en termes d'accidents, de retards, de carburant). Au chapitre 6, nous utilisons ces méthodes et ces estimations pour évaluer les avantages d'un certain nombre de projets d'étagements de voies qui ont nécessité des travaux de construction. Nous exposons les conséquences du principe des avantages et du principe de la responsabilité des coûts relativement au partage des coûts dans ces projets. Au chapitre 7, nous expliquons, en prenant encore des exemples réels, comment on peut utiliser les méthodes et les principes exposés dans notre étude pour répartir les coûts de projets de reconstruction. Au chapitre 8, nous examinons les coûts d'entretien des ouvrages. Enfin, au chapitre 9, nous formulons nos conclusions.

---

* Pour une étude sur les applications de cette technique à l'investissement dans le domaine des chemins de fer, voir Dodgson [13].

Chapitre 3

AVANTAGES DES ÉTAGEMENTS DE VOIES

Dans ce chapitre, nous passons en revue les avantages des étagements de voies et les méthodes pouvant servir à l'évaluation des avantages découlant de la suppression de tout passage à niveau. Nous pouvons ensuite attribuer ces avantages à la partie qui en bénéficie réellement afin de partager les coûts. Le présent chapitre étudie les genres d'avantages suivants:

a) Avantages en termes de diminution du nombre d'accidents

i)	accidents où il y a un train en cause	section 3.1.1
ii)	accidents où il n'y a pas de train en cause	section 3.1.2

b) Avantages en termes de diminution des retards causés aux véhicules

i)	économies de temps	section 3.2
ii)	économies de carburant	section 3.2
iii)	économies dans l'usure des pneus	section 3.2

c) Avantages en termes de diminution des retards causés aux trains — section 3.3

d) Avantages en termes de diminution des coûts d'entretien

i)	chaussée	section 3.4
ii)	matériel sécuritaire du passage à niveau	section 3.4

À l'aide du programme d'analyse des croisements de chemins de fer mis au point par Ewald Gaudes de l'Université de Waterloo pour Transports Canada [18], on peut évaluer les éléments a) i) et b) i), ii) et iii) pour tout croisement particulier et pour n'importe quelle année. Nous nous sommes servis de ce programme pour notre étude avec l'autorisation de Transports Canada et sur le conseil d'Ewald Gaudes. Nous leur sommes reconnaissants de nous avoir donné l'occasion d'en tirer parti. Ce chapitre expose la méthode utilisée dans le programme pour prévoir le nombre d'accidents évités ainsi que les économies de temps, de carburant et de pneus. Nos méthodes d'évaluation des avantages de type a) ii), c) et d) i) et ii) sont également exposées dans ce chapitre. Le chapitre 5 traite en détail des coûts unitaires employés dans notre étude pour évaluer les coûts en termes d'accidents et de temps ainsi que les prix du carburant et des pneus.

Notre étude ne cherche pas à évaluer les coûts et avantages des projets d'étagement de voies en termes d'environnement. Le principal avantage d'un tel projet, en termes d'environnement, serait probablement l'élimination des coups de sifflet des trains aux passages à niveau et les principaux coûts correspondants, le bruit et la poussière durant la construction. Il serait difficile d'évaluer ces coûts et avantages (voir [13, p. 891-892]) qui, cependant, semblent vraisemblablement négligeables par rapport aux avantages et aux coûts totaux mesurables.

3.1 Accidents aux passages à niveau

Afin d'évaluer les avantages des croisements étagés en termes de diminution du nombre d'accidents, nous devons être en mesure de prévoir le nombre d'accidents qui se seraient produits sans étagement de voies. Deux principaux genres d'accidents nous intéressent:

a) Accidents où il y a un train en cause. Ceux-ci se traduisent par une collision, à un passage à niveau, entre un train ou tout autre matériel roulant ferroviaire d'une part, et un véhicule routier ou un piéton d'autre part.

b) Accidents où il n'y a pas de train en cause. Ce sont ceux qui sont imputables à l'existence du passage à niveau mais qui ne se traduisent par aucune collision entre un train et un véhicule routier ou un piéton. Par exemple, un automobiliste peut quitter la route à la suite d'une manoeuvre préventive pour éviter de frapper un train; ou la présence d'un train à un croisement ou son approche peut provoquer l'arrêt brusque d'un véhicule, et l'emboutissage de celui-ci par le véhicule qui suit. D'autres accidents où il n'y a pas de train en cause peuvent néanmoins s'expliquer par l'existence d'un passage à niveau. Par exemple, les conducteurs qui ralentissent pour s'assurer qu'aucun train n'approche ou pour franchir une chaussée inégale peuvent perturber le flot de véhicules [58] et causer le télescopage de voitures. Dans tous ces cas, l'élimination du passage à niveau (ou la diminution de la circulation à un croisement) constituera un avantage en termes de diminution du nombre d'accidents.

Notre recherche sur les accidents aux passages à niveau a porté surtout sur les cas où il y a un train en cause. Cela s'explique en partie par la façon de signaler de tels accidents, les compagnies de chemin de fer étant requises, par la loi, de signaler tous les accidents de ce genre. Par conséquent, nous disposons de statistiques beaucoup plus complètes sur ce type

d'accidents. Ces accidents sont, en outre, généralement beaucoup plus graves que ceux où il n'y a que des véhicules routiers en cause et ils constituent évidemment le type d'accident que l'on associe le plus souvent aux passages à niveau. Toutefois, dans toute étude des avantages des projets de croisement étagé, on ne peut ignorer les accidents où il n'y a pas de train en cause; nous en discutons plus loin.

3.1.1 Accidents aux passages à niveau où il y a un train en cause

On a accompli un travail considérable, en Amérique du Nord, afin d'établir des indices de danger pour les accidents aux passages à niveau où il y a un train en cause. Pour évaluer les avantages, il nous faut un indice de la probabilité réelle d'un accident à un croisement déterminé plutôt qu'un indice qui classe simplement les passages à niveau par ordre décroissant de risque. Coleman et Stewart ont élaboré un tel modèle [10]. Avec les données de 15 états américains pour la période de 1965 à 1972, Coleman et Stewart ont développé des équations servant à prévoir les accidents pour différentes sortes de croisements (urbain à voie unique, rural à voie unique, urbain à voies multiples et rural à voies multiples) et pour différentes sortes de dispositifs de sécurité. Ces formules prévoient, pour n'importe quelle sorte de croisement donnée, la fréquence des accidents en fonction du volume de circulation routière et de trafic ferroviaire. L'étude de Coleman et Stewart [10] élabore ces formules en profondeur, mais leurs conséquences sont précisées dans une série de tableaux élaborés à l'aide de ces formules et publiés dans une annexe à l'étude menée en 1978 par Canalog Logistics sur les exigences requises en matière de sécurité aux passages à niveau pour l'exploitation de trains de voyageurs à grande vitesse au Canada [7]. Pour n'importe quel type de croisement donné, ces tableaux montrent comment la fréquence probable d'accidents varie en fonction du volume de circulation routière ou du volume de trafic ferroviaire.

Coleman et Stewart ont également développé, à l'aide de données de trois compagnies ferroviaires américaines, des équations pour prévoir la gravité des accidents aux passages à niveau [10]. Ces équations prévoient la proportion d'accidents mortels et la proportion d'accidents qui entraîneront des blessures non mortelles, en prenant pour base la vitesse de la circulation routière et celle des trains au croisement. Ici encore, l'étude Canalog contient des tableaux qui mettent en lumière les incidences de ces équations [7].

Après l'étude de Coleman et Stewart, nous avons obtenu de nouveaux renseignements contenus dans le répertoire fédéral américain des passages à niveau et des accidents aux passages à niveau. Après analyse de ces renseignements par le Transportation Systems Center (TSC) de Cambridge (Mass.), on a obtenu, pour la prévision d'accidents, de nouvelles équations basées sur un ensemble de données plus récentes et plus

complètes. On peut considérer ces équations comme un meilleur outil de prévision que celles du modèle de Coleman et Stewart. Mengert, dans un rapport de 1980 [26], expose la méthode employée. Voici les plus récentes versions de ces équations, publiées dans une étude de Farr et Tustin [16]:

Pour un avertisseur de 1re catégorie (dispositifs inactifs)

$$h = 0{,}00984\ e^{2X_1}, \text{ où}$$

$$X_1 = 0{,}3839\ \text{LOG}_{10}\ (CT + 0{,}2) + 0{,}1538\ \text{LOG}_{10}\ (D + 0{,}2) - 0{,}3080HP + 0{,}003855MS - 0{,}04991\ HT + 0{,}1047\ MT \qquad (1)$$

Pour un avertisseur de 2e catégorie (feux clignotants)

$$h = 0{,}00551\ e^{2X_2}, \text{ où}$$

$$X_2 = 0{,}3400\ \text{LOG}_{10}\ (CT + 0{,}2) + 0{,}05415\ \text{LOG}_{10}\ (D + 0{,}2) + 0{,}05442\ MT + 0{,}06900L \qquad (2)$$

Pour un avertisseur de 3e catégorie (barrières automatiques)

$$h = 0{,}00162\ e^{2X_3}, \text{ où}$$

$$X_3 = 0{,}3588\ \text{LOG}_{10}\ (CT + 0{,}2) + 0{,}1456\ MT + 0{,}05180L \qquad (3)$$

h = nombre probable d'accidents par année

T = nombre de trains par jour

C = nombre de véhicules routiers par jour

D = nombre de trains de jour directs par jour

MT = nombre de voies ferrées principales

MS = vitesse horaire maximale

HP = route pavée (1 pour pavée, 2 pour non pavée)

HT = genre de route. Code utilisé pour représenter la sorte de route.

L = nombre de voies de circulation routière

e = 2,71828....

Ainsi, pour tous les genres de dispositifs de sécurité, le facteur CT, qui est le produit du volume de circulation routière par le volume de trafic ferroviaire, est important dans la détermination du nombre probable d'accidents. Dans le cas des feux clignotants, les autres variables considérées sont D, le nombre de trains de jour directs par jour, MT, le nombre de voies ferrées principales, et L, le nombre de voies de circulation routière. Dans le cas des barrières automatiques, les autres variables significatives, outre le produit CT, sont le nombre de voies ferrées principales et le nombre de voies de circulation routière.

Puisqu'on n'a pu tenir compte que des variables pour lesquelles on possédait des données du répertoire national, les équations (1), (2) et (3) ne peuvent comprendre tous les facteurs d'accidents aux croisements. Ainsi, par exemple, deux croisements possédant des caractéristiques identiques au niveau de la sécurité, des volumes quotidiens de circulation routière et de trafic ferroviaire et du nombre de voies ferrées et de voies de circulation, pourraient bien différer par leur configuration. En effet, si l'un d'entre eux offre une configuration qui laisse à désirer, avec des distances de visibilité réduites, on peut s'attendre à enregistrer plus d'accidents à ce croisement qu'à l'autre. Le Transportation Systems Center a essayé d'incorporer de tels facteurs dans son étude en ajustant les fréquences prévues d'accidents pour tenir compte des accidents réels à chaque passage à niveau. La méthode employée à cette fin est étudiée à l'appendice H du rapport de Mengert [26]; la correction apportée [16] est la suivante:

$$H = 1{,}058 \left[\frac{t_o}{t_o + t} h + \frac{n}{t_o + t} \right]$$

où H = fréquence prévue d'accidents, corrigée pour tenir compte des accidents réels au croisement

$t_o = 1/(0{,}05 + h)$

t = nombre d'années comprises dans l'historique des accidents

n = nombre d'accidents survenus en t années

h = fréquence prévue d'accidents obtenue à l'aide de l'équation (1), (2) ou (3)

En fait, on substitue le nombre réel d'accidents à d'autres variables qui influent sur les fréquences d'accidents. L'idéal serait d'incorporer directement de telles variables dans le modèle. En Floride, par exemple, on recueille des renseignements plus détaillés sur les passages à niveau (par exemple, la distance minimum de visibilité parfaite); à l'aide

de données semblables, on a établi des modèles de prévision d'accidents ([23] et [56]).

De façon générale, de tels renseignements ne sont cependant pas disponibles. Afin de trouver les variables que remplace le nombre réel d'accidents, le ministère américain des Transports a examiné des cas où le modèle du TSC, ne tenant pas compte du nombre réel d'accidents, donne des prévisions de fréquences d'accidents qui manquent de précision. Cette étude, menée par Betty Tustin [49], considérait des croisements qui avaient une fréquence réelle d'accidents sensiblement supérieure à celle prévue par les équations du TSC. Ces croisements ont fait l'objet d'un examen détaillé sur place. Ces examens ont révélé que les croisements en question semblaient être soumis à au moins un des facteurs suivants:

a) les usagers de la route distinguent mal le croisement et la voie ferrée à proximité;

b) présence de nombreuses intersections à moins de 500 pieds du croisement;

c) parcs de stationnement et (ou) stationnement sur la rue;

d) configuration routière complexe; et

e) visibilité très obstruée.

D'autres études devraient nous éclairer sur l'existence possible de tels facteurs à d'autres passages à niveau.

Les formules du TSC pour la prévision des accidents [16] où il y a un train en cause se trouvent incorporées dans le programme d'analyse des croisements de chemins de fer de Transports Canada. Il en découle que les données sur la circulation routière, le nombre de trains, le genre de dispositifs de sécurité, le genre de route, la vitesse maximale des trains, le nombre de voies de circulation et de voies ferrées, et (si disponible) le nombre d'accidents constituent les données d'entrée du programme, le traitement de ces données donnant comme résultat la fréquence prévue d'accidents. Les formules du TSC ne tiennent pas compte du degré de gravité des accidents; pour pallier à cette lacune, le programme de Transports Canada a recours au modèle prévisionnel de la gravité des accidents établi par Coleman et Stewart [10]. Tel que mentionné plus haut, ce modèle évalue la proportion d'accidents mortels, d'accidents avec blessures n'entraînant pas la mort et d'accidents avec dommages matériels en fonction des vitesses de la circulation routière et du trafic ferroviaire.

Soulignons qu'il faut toujours contrôler la validité des résultats obtenus au moyen de ces équations, pour un passage à niveau, en consultant des ingénieurs routiers et des

ingénieurs de chemin de fer qui connaissent bien les problèmes propres à ce croisement. En d'autres mots, il est toujours possible de modifier la prévision obtenue par la formule si ces résultats semblent nettement contredire les particularités connues de l'endroit (comme celles identifiées dans l'étude de Tustin et énumérées plus haut sous les lettres a) à e)).

3.1.2 Accidents aux passages à niveau où il n'y a pas de train en cause

Contrairement aux accidents où il y a un train en cause, très peu d'études ont été réalisées sur la prévision des accidents aux passages à niveau où il n'y a pas de train en cause. L'étude effectuée en 1968 par Schoppert et Hoyt dans le cadre du "U.S. National Cooperative Highway Research Program" [35] semble être la plus récente dans le domaine. Ce rapport contient les résultats d'une étude de données fournies par l'administration routière de l'Illinois. Ces données se rapportaient à 3 627 accidents qui se sont produits à des passages à niveau pendant une période de deux ans et demi. Tel qu'indiqué au tableau 3.1, on a réparti ces accidents en trois catégories:

a) ceux où il y a un train en cause;

b) ceux où il n'y a pas de train en cause, mais où on a observé la présence d'un train au croisement au moment de l'accident; et

c) ceux où il n'y a eu ni collision avec un train ni présence d'un train.

Comme le tableau l'indique, chacune des catégories contient à peu près le tiers du total des accidents.

Comme il fallait s'y attendre, les collisions entre véhicules voyageant dans la même direction constituaient le cas le plus fréquent où il n'y avait pas de train en cause. Ainsi, 87 % des accidents survenus en présence d'un train étaient de ce genre, alors que 52 % des accidents survenus en l'absence d'un train se caractérisaient également par des emboutissages par l'arrière [35, p. 21]. Schoppert et Hoyt citent également une étude de l'administration routière du Colorado qui concluait "Le télescopage de l'arrière d'un véhicule arrêté ou s'arrêtant au croisement constituait le genre d'accident le plus fréquent. Près de la moitié de ce genre de collisions mettait en cause des camions et des autobus qui sont tenus, par une loi de l'État, d'arrêter à tous les passages à niveau" [35, p. 78]. Schoppert et Hoyt constatent que cette obligation, pour certains véhicules, d'arrêter aux croisements peut en fait entraîner une augmentation du nombre des accidents.

Nous ne disposons pas au Canada de renseignements complets sur les accidents où il n'y a pas de train en cause.

Tableau 3.1

ACCIDENTS À DES PASSAGES À NIVEAU
OÙ IL N'Y A PAS DE TRAIN EN CAUSE

Genre d'accident	Illinois		Alberta 1979 et 1980	
	Nombre	%	Nombre	%
Train en cause	1 113	30,7	203	31,5
Train présent mais non en cause	1 339	36,9		
Train absent	1 175	32,4	441	68,5
Total	3 627	100,0	644	100,0
Rapport: Train non en cause / Train en cause	2,26		2,17	

Sources: Pour l'Illinois, Schuppert et Hoyt [35, p. 20].
Pour l'Alberta, renseignements fournis par le ministère des Transports de l'Alberta; les chiffres sont provisoires et sujets à révision.

Le rapport de Statistique Canada intitulé Accidents de la circulation routière [43], dont on a cessé la publication en 1976, contient des chiffres sur le nombre et la gravité des accidents "où il y a un train de chemin de fer en cause" et sur le nombre d'accidents "à des passages à niveau". On éprouve certaines difficultés avec ces dernières statistiques car la définition de "passage à niveau" n'est pas précise et peut varier d'une province à l'autre. De plus, certaines provinces n'ont pas de données pour certaines années. Néanmoins, pour les années 1972, 1974, 1975 et 1976, pour lesquelles les statistiques sont assez complètes, celles-ci révèlent qu'il s'est produit 72 % de plus d'accidents "aux passages à niveau" que d'accidents "où il y a un train de chemin de fer en cause". Le total des accidents où il n'y a pas de train en cause est sous-estimé car on exigeait alors que seuls les accidents avec des dommages matériels évalués à plus de 200 $ soient signalés à la police (il est possible que d'autres accidents n'ayant causé que des dommages ou des blessures légères n'aient pas été signalés). Malgré leurs lacunes, ces données montrent toutefois que, comme on pouvait s'y attendre, les accidents où il n'y avait pas de train en cause étaient moins graves que ceux où il y en avait un. Pour les quatre années susmentionnées, la proportion d'accidents mortels s'élevait à 7 % dans les cas où il y avait un train en cause, alors qu'elle était inférieure à 1 % dans les cas où il n'y avait pas de train en cause.

En Alberta, on recueille des chiffres beaucoup plus précis sur les accidents où il n'y a pas de train en cause. Le ministère des Transports de l'Alberta nous a fourni de tels chiffres pour les années 1979 et 1980. Durant ces deux années, il s'est produit 644 accidents à des passages à niveau, dont 203 où il y avait un train en cause et 441 où il n'y en avait pas. Pour les accidents où il y avait un train en cause, 9,85 % ont été mortels, 30,05 % ont fait des blessés mais pas de morts et 60,10 % n'ont causé que des dommages matériels. Par contre, 0,68 % des accidents où il n'y avait pas de train en cause ont été mortels, 20,41 % ont fait des blessés mais pas de morts et 78,91 % n'ont causé que des dommages matériels. Au tableau 3.1, les chiffres de l'Alberta sont comparés à ceux de l'Illinois. On peut observer, dans les deux cas, que les accidents où il y avait un train en cause représentaient près du tiers de tous les accidents routiers aux passages à niveau.

Dans un programme d'étagement de voies, il faudra donc tenir compte des accidents où il n'y a pas de train en cause qui seront éliminés ou dont le nombre sera réduit. Schoppert et Hoyt ont développé, à l'aide des données de l'Illinois [35, p. 58-59], une équation pour prévoir les accidents où il n'y a pas de train en cause; cette équation est incorporée dans le programme de Transports Canada. Or, l'ajustement d'ensemble du modèle laissait à désirer (avec une valeur r^2 de 0,08) et les prévisions d'accidents obtenues au moyen de ce modèle semblent très peu valables. Par exemple, lors d'un des premiers essais du modèle dans le cadre de notre étude, nous avons obtenu, pour

un croisement donné, un nombre prévu d'accidents où il n'y a pas de train en cause 71 fois supérieur au nombre prévu d'accidents où il y a un train en cause. De plus, le nombre d'accidents mortels où il n'y a pas de train en cause était prévu être 22 fois supérieur au nombre d'accidents mortels où il y a un train en cause. (Les chiffres moyens correspondants pour les données de l'Alberta de 1979-1980 sont respectivement 2,17 fois supérieurs et 7 fois inférieurs.) Ces résultats ne reflétant aucunement la réalité, on ne peut donc utiliser la formule de Schoppert et Hoyt pour prévoir les avantages qui découleraient de la diminution du nombre d'accidents où il n'y a pas de train en cause.

À défaut d'une autre formule pour prévoir de tels accidents, nous nous servons des données de l'Alberta et de l'Illinois pour évaluer le nombre de ces accidents qui seront éliminés. On peut observer au tableau 3.1, pour l'Illinois et l'Alberta, que les accidents où il n'y avait pas de train en cause étaient respectivement 2,26 et 2,17 fois plus nombreux que les accidents où il y avait un train en cause. On obtient donc le nombre total estimatif d'accidents où il n'y a pas de train en cause en multipliant par un facteur de 2,2 le nombre d'accidents où il y a un train en cause prévu à n'importe quel croisement. Ce dernier genre d'accidents sera plus grave que les accidents où il n'y a pas de train en cause. Les pourcentages de l'Alberta mentionnés précédemment nous servent à évaluer le degré de gravité. Ainsi, nous supposons que, du nombre total prévu d'accidents où il n'y a pas de train en cause, 0,68 % seront mortels, 20,41 % feront des blessés mais pas de morts et 78,91 % ne causeront que des dommages matériels.

3.2 Retards causés aux véhicules routiers

Il existe trois principaux genres de retards causés à la circulation routière par les passages à niveau. Ce sont les suivants:

a) Retard attribuable à la présence de trains au croisement. Dès que le dispositif de sécurité du croisement est actionné (ou, en l'absence de dispositif automatique, dès que les conducteurs aperçoivent un train qui approche), les véhicules doivent arrêter et ne repartir que lorsque le passage à niveau est libre. Des retards peuvent encore être causés à des véhicules qui arrivent au croisement après le passage du train, car ils doivent attendre que les derniers véhicules retardés par le train reprennent leur route.

b) Certains véhicules (autobus, camions transportant des matières dangereuses) doivent s'arrêter au croisement pour vérifier au préalable si la voie est libre. Outre le retard qu'ils se causent, ils peuvent retarder les véhicules qui les suivent.

c) La chaussée moins égale au croisement que sur la route peut forcer tous les véhicules à ralentir pour traverser le passage à niveau, même s'il n'y a aucun train au croisement ni, à proximité, de véhicule devant s'y arrêter.

Ces trois principaux genres de retards entraînent trois principales sortes de coûts:

a) coûts en temps;

b) coûts en carburant; et

c) coûts en termes d'usure de pneus.

On peut évaluer les coûts en temps sous trois rapports: évaluation de la durée de fermeture du croisement, évaluation du temps supplémentaire écoulé durant les arrêts ou les ralentissements attribuables aux retards causés par d'autres véhicules et évaluation du temps additionnel qu'il faut pour traverser plus lentement une chaussée de croisement inégale.

Les frais d'utilisation d'un véhicule au chapitre du carburant et de l'usure des pneus sont un peu plus difficiles à établir car, au lieu de correspondre à des frais moyens d'utilisation par kilomètre, ils correspondent à des types très particuliers de changement dans les frais d'utilisation. (Pour un exemple traitant des frais moyens d'utilisation par kilomètre, voir la référence [50].) Les chiffres les plus détaillés sur les effets des ralentissements ou des arrêts sur les frais d'utilisation ont été établis par Claffey, en 1971, pour le "U.S. Highway Research Board" [8]. Par des expériences avec différents types d'automobiles et de camions, Claffey a obtenu des données ayant trait au carburant additionnel dépensé lorsque l'on passe de différentes vitesses à l'arrêt pour ensuite accélérer de nouveau afin de reprendre la vitesse initiale (le cycle arrêt/départ), et lorsque l'on ralentit pour ensuite accélérer de nouveau (le cycle variation de vitesse). Il a également obtenu des données sur la consommation de carburant lorsque les moteurs tournent au ralenti (par exemple, dans l'attente du passage d'un train au croisement).

En outre, l'étude de Claffey contient des données sur les coûts additionnels en termes d'usure des pneus qu'entraînent les arrêts et les accélérations répétés. Claffey considère aussi d'autres frais d'utilisation relatifs aux arrêts et aux accélérations répétés, mais qui semblent relativement peu importants. Ainsi, pour une automobile qui roule à 30 milles par heure et qui s'arrête régulièrement, on obtient un coût additionnel d'usure des pneus de 0,6 cent par cycle arrêt/départ. L'usure des sabots et des garnitures de freins représente d'autres coûts d'entretien supplémentaires attribuables à un tel cycle; ces coûts ne s'élèvent cependant qu'à 0,12 cent par cycle.

Les résultats obtenus par Claffey ont trait à des véhicules de la fin des années soixante, mais les chiffres sont présentés sous une forme qui permet un ajustement aisé en fonction des variations des prix du carburant et des pneus. Les résultats sont largement utilisés dans les analyses coûts-avantages de projets d'investissement routier (par exemple, le programme d'ordinateur du ministère des Transports et des Communications de l'Ontario [30] conçu pour l'analyse de projets routiers repose en grande partie sur les chiffres de Claffey); ils sont de plus utilisés dans le programme de Transports Canada pour l'analyse des étagements de voies. Une étude effectuée par Claffey [9] en 1977 donne des résultats pour des automobiles du début des années soixante-dix, mais comme l'objet de cette étude était principalement de contrôler l'efficacité de certaines mesures d'économie de carburant, ses résultats ne sont pas directement applicables à notre étude.

Le programme d'analyse des croisements de chemins de fer de Transports Canada évalue les coûts de carburant ainsi que les coûts en termes de temps et d'usure de pneus attribuables aux trois genres de retards causés par les passages à niveau dont nous avons parlé au début de la présente section. Pour n'importe quel croisement donné, on procède en détail à ces évaluations, moyennant des renseignements sur:

a) le débit quotidien de circulation à différentes périodes de la journée;

b) la composition du flux de véhicules, incluant les pourcentages de camions et de véhicules devant obligatoirement s'arrêter;

c) le genre de route, le nombre et la largeur des voies;

d) la vitesse normale des véhicules sur la route;

e) une mesure de l'effet d'une chaussée de croisement inégale sur le ralentissement des véhicules;

f) le taux d'occupation des automobiles afin d'évaluer les pertes de temps;

g) le nombre, la vitesse et la longueur des trains, afin d'évaluer la durée de fermeture du croisement pendant la journée; et

h) les coûts unitaires en temps, en carburant et en pneus.

On a ajouté en supplément au rapport original sur l'étude de Transports Canada [33] un exemple pratique détaillé qui montre comment la version du programme employée ici utilise les renseignements ci-dessus afin d'évaluer les différents coûts

des retards à un croisement donné. Ce supplément indique clairement comment sont effectués les différents calculs.

Pour tout projet, les données correspondant aux coûts unitaires (alinéa h) ci-dessus) doivent être introduites par l'analyste. Nous expliquons, au chapitre 5, section 5.2, pourquoi sont utilisées et comment sont établies les valeurs dont nous nous servons dans notre étude de la répartition des coûts.

3.3 Retards causés aux trains

Bien que les véhicules routiers doivent normalement s'arrêter aux passages à niveau pour laisser passer le train (au lieu du contraire), l'existence de passages à niveau peut néanmoins engendrer des coûts en termes de retard pour les trains. On peut le voir sous deux principaux rapports:

a) Il peut y avoir aux croisements une limite de vitesse permanente qui force les trains à ralentir et à accélérer de nouveau alors qu'autrement ils rouleraient plus rapidement. Si l'existence d'un croisement étagé permettait de supprimer cette limite, les économies qui en résulteraient seraient un avantage normal du projet.

b) À la suite d'un accident à un passage à niveau, on impose une limite de vitesse temporaire de 25 milles par heure à ce passage à niveau jusqu'à ce que la CCT complète son enquête. Cela dure normalement un mois, pendant lequel le chemin de fer doit, pour respecter la limite requise, supporter les coûts entraînés par le ralentissement et l'accélération de ses trains.

Comme dans le cas des cycles de variation de vitesse des véhicules routiers traités dans la section précédente, la détermination du coût d'un cycle de variation de vitesse d'un train exige des renseignements très précis sur les coûts d'utilisation plutôt que sur les coûts moyens d'utilisation d'un train. Heureusement, une étude effectuée par le CN sur les coûts attribuables au ralentissement et à l'accélération subséquente des trains nous a permis de disposer de renseignements pertinents.

Cette étude a déterminé quatre éléments de coût importants relatifs au ralentissement d'un train nécessité par l'existence d'une limite de vitesse:

a) usure des sabots de freins;

b) usure des roues;

c) coûts additionnels en carburant; et

d) coût en termes de retards causés aux trains se traduisant par une utilisation réduite des wagons et des locomotives. Cet élément suppose une parfaite divisibilité des parcs de wagons et de locomotives du chemin de fer, de sorte que tout retard nécessite, en fait, une augmentation des parcs requis pour assurer le service. Le coût prend donc la forme d'un coût horaire par locomotive et par wagon, basé sur les frais d'entretien, d'amortissement et d'intérêt.

Il n'est pas nécessaire d'ajouter à ces quatre éléments de coût les dépenses de personnel, puisque le personnel des trains est rémunéré sur une base de parcours plutôt que sur une base de temps.

Les coûts réels étaient exprimés selon les prix de 1981 en dollars pour le coût représenté par le ralentissement d'un train de marchandises type de 50 à 60 milles par heure à 15 à 20 milles par heure. On suppose que le "train de marchandises type" est composé de trois locomotives diesel et de 100 wagons et que le poids brut d'un wagon est de 50 à 60 tonnes. Il faudrait six minutes de plus au train pour passer de 50 à 60 à 15 à 20 milles par heure, traverser le croisement à cette dernière vitesse, et ensuite reprendre sa première vitesse.

Le tableau 3.2 contient les divers éléments de coût aux prix de 1981. Pour des chiffres de 1980, comme le CN suppose un taux d'inflation de 12 1/2 % entre 1980 et 1981, il faut multiplier chaque élément du tableau 3.2 par 0,89 (=100/112,5). Ainsi, les coûts en termes de retard par train s'élèvent à 28,81 $ aux prix de 1981 et à 25,60 $ aux prix de 1980. On peut utiliser les coûts unitaires du tableau 3.2 pour déterminer les coûts relatifs à des trains de marchandises de différentes longueurs. Encore qu'il n'y ait pas de chiffres sur les coûts des trains de voyageurs, le CN estime que ces coûts peuvent être du même ordre de grandeur que ceux des trains de marchandises. (Les wagons des trains de voyageurs sont moins nombreux mais plus coûteux d'exploitation que ceux des trains de marchandises. Il faudra aussi tenir compte des retards causés aux passagers des trains.)

Aux fins de notre étude, nous allons supposer que, pour passer d'une vitesse de 50 à 60 milles par heure (ou plus) à une vitesse de 25 milles par heure, il en coûte en moyenne 25 $ par train aux prix de 1980. Lorsque les vitesses normales à un croisement quelconque sont inférieures à 50 milles par heure, nous réduisons le montant de 25 $ pour tenir compte de la décélération moindre requise pour atteindre la vitesse limite de 25 milles par heure.

En conséquence, pour un croisement quelconque où l'on a imposé une limite de vitesse suite à un accident, on peut

Tableau 3.2

COÛTS OCCASIONNÉS PAR LE RETARD DES TRAINS,
CN, PRIX DE 1981

Élement de coût	Coût unitaire	Coût total par cycle pour un train de marchandises type de 100 wagons*
Usure des freins	2,29 ¢ par wagon à chaque déclenchement du freinage	2,29 $
Usure des roues	3,42 ¢ par wagon à chaque déclenchement du freinage	3,42 $
Carburant	3 gallons supplémentaires à 1,20 $ chacun	3,60 $
Coût du retard causé au train (en temps)	22,67 $ par heure pour chaque engin de traction diesel; 1,27 $ par heure pour chaque wagon de marchandises; donc, 3 engins de traction et 100 wagons pour 6 minutes	19,50 $
Total		28,81 $

* Ce qu'il en coûte pour faire passer la vitesse d'un train de 50-60 m/h à 15-20 m/h, traverser un croisement à cette dernière vitesse et ensuite accélérer de nouveau jusqu'à 50-60 m/h.

Source: Chemins de fer nationaux du Canada.

évaluer les coûts en termes de retard causé au train au moyen de la formule suivante:

> Coûts probables annuels en termes de retard causé au train = [taux probable annuel d'accidents où il y a un train en cause X nombre de trains par jour X durée moyenne (en jours) d'application de la limite de vitesse imposée suite à un accident X coût du retard par train] $

Par exemple, s'il passe 12 trains par jour à un croisement, si la durée moyenne d'application de la limite de vitesse imposée est de 30 jours et si, pour ce croisement pour une année donnée, les équations de prévision d'accidents étudiées à la section 3.1.1 donnent une prévision de 0,21 accident de croisement où il y aura un train en cause, les coûts des retards seront donc pour cette année-là:

> Coûts probables annuels des retards = 0,21 X 12 X 30 X 25 $ = 1 890 $
>
> où (12 X 30) représente le nombre de trains retardés si une limite de vitesse temporaire est imposée,
>
> et 0,21 représente la probabilité qu'une telle limite soit mise en vigueur cette année-là.

Nous évaluerons également, dans cette étude, les coûts des retards qui sont attribuables à l'existence de limites de vitesse permanentes à certains croisements. Toutefois, ce cas ne se présente pas souvent puisque, généralement, ces limites de vitesse ou bien n'ont rien à voir avec l'existence même des croisements, ou bien, dans le cas contraire, ne seraient pas supprimées si un seul croisement était éliminé par suite de la construction d'un étagement de voies.

3.4 Économies dans les coûts d'entretien

Le quatrième type d'avantage des programmes d'étagement de voies est l'élimination des coûts d'entretien des passages à niveau et des dispositifs de sécurité. Le tableau 3.3 présente les coûts annuels d'entretien pour différents types de croisements. Ces coûts sont composés des coûts d'entretien de la chaussée des croisements et des dispositifs de sécurité. Les chiffres du tableau 3.3 représentent des moyennes fondées sur l'expérience de la CCT et sur des chiffres relatifs aux coûts d'entretien de certains croisements. Dans le cas d'un dispositif de sécurité automatique, nous évaluons les coûts d'entretien annuels à 2 000 $, lorsqu'il est doté de feux clignotants et d'avertisseurs sonores, et à 2 500 $, lorsqu'il est doté de feux clignotants, d'avertisseurs sonores et de barrières automatiques. On suppose que les coûts d'entretien de la chaussée (en considérant que le revêtement est refait

Tableau 3.3

COÛTS ANNUELS D'ENTRETIEN DES PASSAGES À NIVEAU,
PRIX DE 1980

Genre de dispositif de sécurité	Nombre de voies ferrées				
	1	2	3	4	5
Croix d'avertissement	750 $	1 250 $			
Feux clignotants et avertisseurs sonores	2 750 $	3 250 $	3 750 $	4 250 $	4 750 $
Feux clignotants, avertisseurs sonores et barrières automatiques	3 250 $	3 750 $	4 250 $	4 750 $	5 250 $

Remarque: Ces coûts comprennent les frais d'entretien des dispositifs de sécurité, des panneaux de signalisation et des chaussées. Le chemin de fer et l'administration routière se partageront normalement ces coûts à parts égales.

Source: Commission canadienne des transports.

périodiquement) s'élèvent à 750 $ par année pour un croisement à une voie ferrée, en ajoutant 500 $ pour chaque voie additionnelle. On suppose que dans l'avenir, ces coûts, composés principalement de frais de main-d'oeuvre, progresseront en termes réels de la même façon que les recettes effectives. (Cela signifie que les fonctions d'entretien de croisement n'enregistrent pas d'amélioration de la productivité.)

Chapitre 4

INDICES DES PRIX, TAUX D'ACTUALISATION ET DURÉE UTILE DES OUVRAGES

Les avantages d'un projet tel que la construction d'un étagement de voies ne se manifestent pas tous au même moment; aussi faut-il nous arrêter aux problèmes que pose la conversion en unités communes des avantages et des coûts s'appliquant à différentes périodes. Nous allons examiner dans le présent chapitre trois de ces problèmes:

a) l'évolution du niveau des prix occasionnée par l'inflation en général et les variations des prix relatifs;

b) le choix d'un taux d'actualisation afin de déterminer la valeur actualisée des coûts et avantages futurs; et

c) le choix de la durée utile des ouvrages afin de déterminer quelle durée utiliser pour évaluer les avantages d'un projet.

4.1 Évolution du niveau des prix

Les coûts et les avantages d'un ouvrage doivent tous être évalués à des prix réels constants, c'est-à-dire ajustés en fonction de l'inflation. Dans la présente partie, nous avons évalué tous les coûts et avantages en fonction des prix canadiens de 1980 puisque cette année est la dernière pour laquelle nous possédions des données complètes. Pour convertir les prix d'autres années en valeur de 1980, nous nous sommes servis de l'indice implicite des prix pour la dépense nationale brute du Canada [44]. L'indice ainsi obtenu pour les années 1968 à 1980 est indiqué dans la colonne (A) du tableau 4.1. Par exemple, pour transformer une valeur de x $ de 1972 en prix de 1980, il faut donc multiplier par le chiffre 2,1171 qui figure au tableau 4.1.

Comme nous utilisons aussi certaines valeurs monétaires des États-Unis, il nous faut également un indice des prix américains. Nous employons l'indice implicite de déflation des prix pour le produit national brut des États-Unis [53]. (Au point de vue conceptuel, il s'agit de la même chose que notre indice canadien puisque, dans la comptabilité du revenu national, le produit national brut et la dépense nationale brute sont deux mesures d'une même chose.) Cet indice apparaît dans la colonne (B) du tableau 4.1.

Tableau 4.1

INDICES DES PRIX UTILISÉS DANS L'ÉTUDE

Année	Indice des prix canadien (A)	Indice des prix américain (B)	Indice des prix canadien de la construction routière (C)
1968	2,5062	2,1835	
1969	2,4006	2,0790	
1970	2,2941	1,9734	2,7700
1971	2,2230	1,8777	2,5650
1972	2,1171	1,8029	2,4405
1973	1,9398	1,7041	2,1682
1974	1,6828	1,5539	1,6163
1975	1,5195	1,4176	1,4451
1976	1,3876	1,3467	1,3857
1977	1,2970	1,2724	1,2941
1978	1,2194	1,1857	1,1964
1979	1,1054	1,0896	1,1047
1980	1,0000	1,0000	1,0000

Sources: (A) Statistique Canada, Comptes nationaux des revenus et des dépenses. Système de comptabilité nationale, n° de catalogue 13-001, tableau 21, "Indices implicites de prix, Dépense nationale brute".

(B) Ministère du Commerce des États-Unis, Bureau of Economic Analysis, Survey of Current Business, tableau 19, "Implicit price deflators for Gross National Product".

(C) Statistique Canada, Statistiques des prix de la construction, n° de catalogue 62-007, p. 43, et données préliminaires non publiées en 1980, mars 1981.

Nous devons aussi convertir les valeurs américaines de 1980 en valeurs canadiennes de la même année et, pour cela, utiliser le taux de change moyen du milieu de la journée des dollars canadiens et américains au cours de 1980 [2]. On obtient aussi un taux de change moyen de 1,1692 dollar canadien par dollar américain (ou 0,8553 dollar canadien par dollar américain). Il faut donc multiplier les prix américains de 1980 par 1,1692 pour obtenir la valeur équivalente en dollars canadiens de 1980.

Nous nous servons d'un autre indice pour réévaluer les coûts estimatifs de la construction d'étagements de voies en valeurs de 1980. Il s'agit de l'indice publié par Statistique Canada pour les "indices des prix de la construction routière" [39]. Cet indice apparaît dans la colonne (C) du tableau 4.1. Comme le montre la comparaison des colonnes (A) et (C), l'indice des prix de la construction routière pour les années 1976 à 1980 est très proche de l'indice général des prix canadiens. Les estimations des coûts de construction que nous utiliserons un peu plus loin dans la présente étude concernent cette période.

Les indices des prix susmentionnés doivent servir à évaluer tous les éléments de coût ou d'avantage en valeurs de 1980. Il ne sera donc pas nécessaire de prévoir des variations générales du niveau des prix. Autrement dit, tous les avantages d'un projet doivent être exprimés en valeurs de 1980, à moins qu'on ne prévoie un changement dans les prix relatifs.

L'une des causes possibles de l'évolution des prix relatifs est l'accroissement des gains réels par habitant dans l'économie. On peut présumer que les gains réels augmentent à peu près au même rythme que la productivité réelle (c'est-à-dire la production par heure-personne) dans l'économie. Entre 1971 et 1979, le taux de croissance annuel moyen de la production par heure-personne de toutes les industries commerciales du Canada (y compris l'agriculture, les mines, les industries manufacturières et les services commerciaux) atteignait 2,1 % [38]. Bien que l'accroissement de la productivité ait été beaucoup plus lent à la fin de la période qu'au début, nous supposons que l'économie canadienne se redressera pour afficher un taux de croissance de la productivité, et par conséquent un accroissement moyen des gains réels par heure-personne, de 2 % par année. Les éléments de coût ou d'avantage fondés sur les gains réels doivent donc être composés pour les années à venir selon un taux annuel de 2 %.

Le prix du carburant est un autre élément de coût dont la valeur réelle peut changer. Nous nous servons dans la présente étude des prévisions des prix de l'essence pour moteurs établies par Énergie, Mines et Ressources Canada pour la politique énergétique nationale.

4.2 Choix d'un taux d'actualisation

Lorsqu'un projet procure une série d'avantages échelonnés, il faut alors actualiser les avantages des années à venir pour déterminer la valeur actualisée de la série. Nous utiliserons donc la formule normale de la valeur actualisée:

$$PV = \sum_{i=o}^{n} \left[\frac{Bi}{(1 + r)^i} \right] \qquad (1)$$

où PV = la valeur actualisée de la série d'avantages de l'année 0 à l'année n

Bi = les avantages de l'année i

r = le taux d'actualisation (10 % correspond ici à 0,10)

n = le nombre d'années durant lesquelles l'ouvrage est censé procurer cette série d'avantages

Fait à noter, puisque nous évaluons tous les avantages et les coûts en fonction de prix constants de 1980 (comme nous l'avons indiqué à la section 4.1 du présent chapitre), le taux d'actualisation à utiliser doit aussi être exprimé en termes réels. Les taux d'intérêt sont habituellement exprimés en termes monétaires (ou en termes de "valeur nominale"). Si l'on prête 100 $ à un taux d'intérêt coté à 20 %, on recevrait en retour, à la fin de l'année, 120 $. Si entre-temps le niveau général des prix a augmenté de 10 %, on pourra acheter moins de biens et de services avec les 120 $ qu'au moment du prêt. Le taux d'intérêt réel ainsi obtenu se chiffrerait donc à environ 10 %. La relation qui existe entre, d'une part, les taux réel et monétaire et, d'autre part, le taux d'inflation est exprimée par la formule suivante:

$$r \simeq i - p \qquad (2)$$

ou $$i \simeq r + p \qquad (3)$$

où r est le taux d'intérêt ou d'actualisation réel
i est le taux d'intérêt ou d'actualisation monétaire (ou nominal)
p est le taux annuel d'inflation

En pratique, on peut, pour faire une évaluation, considérer sans risque d'erreur que le signe d'approximation des équations (2) et (3) représente une égalité parfaite.

Le choix du taux d'actualisation réel actuel qui doit être appliqué aux projets dans le secteur public de l'économie

est une question délicate qui a suscité beaucoup de controverse. En fait, nous essayons de choisir un taux d'actualisation social permettant d'assurer la répartition optimale des ressources entre l'investissement et la consommation et, à l'intérieur du secteur de l'investissement, entre l'investissement privé et public et entre les différents types d'investissement public. Le guide des techniques d'analyse coûts-avantages du Conseil du trésor du Canada recommande d'employer comme valeurs réelles d'actualisation des pourcentages de 5, 10 et 15 % afin de déterminer dans quelle mesure les résultats du projet varient selon le taux d'actualisation choisi [48]. Le rapport indique aussi que la valeur préférée est de 10 %. Les auteurs du guide ont choisi cette valeur parce qu'elle indiquait le taux de rentabilité réel que pouvait procurer un investissement dans d'autres secteurs de l'économie canadienne. Autrement dit, le coût d'option d'un investissement dans un projet public particulier correspond au rendement que l'on aurait pu obtenir si les fonds avaient plutôt été placés ailleurs dans l'économie. Selon une étude de Jenkins, le taux social pondéré du rendement du capital atteignait environ 9,5 % au Canada pour les années 1965 à 1969; le Conseil du trésor a donc choisi cette valeur pour représenter le taux d'actualisation du coût d'option social (COS) du capital. Cependant, Jenkins évaluait également le taux de rendement social des industries manufacturières à 15,1 %, ce qui justifiait l'utilisation d'une valeur supérieure, c'est-à-dire 15 %, dans l'analyse de sensibilité.

Les chiffres de Jenkins et l'interprétation qu'en faisait le Conseil du trésor ont par la suite été mis en doute par Sumner [45], qui soutient que pour plusieurs raisons, les taux semblent trop élevés. Le motif invoqué par Jenkins pour justifier les chiffres qu'il a utilisés [22] et l'argument qu'apporte Sumner [46] donnent à penser qu'un pourcentage de 10 % pourrait effectivement être trop élevé; nous employons donc dans la présente étude des taux d'actualisation réels de 5 et 10 % pour vérifier la sensibilité des résultats au choix du taux d'actualisation.

4.3 Durée utile des ouvrages

Les étagements de voies sont des ouvrages dont la durée utile est longue, de sorte qu'il est difficile de déterminer la durée de la période de référence à laquelle doit s'appliquer le calcul des avantages. (Cette durée est la même que la valeur n de l'équation (1).) Nous avons opté pour une durée utile de 30 ans. Des valeurs analogues sont souvent utilisées dans des études sur les avantages d'autres projets d'investissement dans la construction routière. Elles sont beaucoup plus une tolérance couvrant le risque de désuétude technique du matériel qu'une estimation de la durée utile réelle de l'ouvrage.

La valeur présumée de n n'aura pas tellement d'influence sur les résultats de l'évaluation puisque l'actualisation a

pour effet de pondérer légèrement les coûts ou les avantages très éloignés dans le futur. La valeur actualisée de 100 $ après 30 ans se chiffre donc à 23,14 $ à un taux d'actualisation de 5 % et à 5,73 $ à un taux de 10 %. La valeur actualisée d'une somme de 100 $ pour une période de 40 ans est de 14,21 $ si le taux est de 5 % par année, et de 2,21 $ s'il est de 10 %.

Chapitre 5

ESTIMATIONS DANS L'ANALYSE DES AVANTAGES DES PROJETS D'ÉTAGEMENT DE VOIES

Le présent chapitre explique pourquoi nous avons utilisé les valeurs monétaires qui se trouvent dans notre évaluation des différents avantages des étagements de voies. Comme nous l'avons dit au chapitre 3, le programme de Transports Canada [18] permet d'évaluer la diminution du nombre d'accidents et des retards causés aux véhicules qu'entraîne l'élimination des passages à niveau ou la réduction du trafic routier sur ces passages. Grâce au programme, l'analyste peut ajouter ses propres valeurs pour les coûts unitaires pour les accidents où il y a un train en cause et où il n'y en a pas, pour le facteur temps et pour les coûts du carburant et des pneus. Le chapitre traite de chacun de ces aspects à tour de rôle dans ses deux divisions principales, soit 5.1 "Avantages en termes de diminution du nombre d'accidents" et 5.2 "Avantages en termes de diminution des retards causés aux véhicules".

5.1 Avantages en termes de diminution du nombre d'accidents

5.1.1 Introduction

On fait des estimations monétaires du coût des accidents d'automobile depuis plusieurs années. La méthode utilisée en Grande-Bretagne a été exposée dans un rapport en 1967 [11] et les chiffres sont mis à jour et publiés une fois par année [52]. Les estimations américaines les plus détaillées ont été effectuées dans une étude de 1975 de la National Highway Traffic Safety Administration [14]. Au Canada, les estimations des coûts de 1976 ont été publiées en 1978 par J.J. Lawson de Transports Canada [24]. Ce dernier a justifié dans son rapport le choix des chiffres qu'il a utilisés.

Les principaux coûts pris en considération dans ces études sont les suivants:

a) le coût en termes de pertes de vie;

b) le coût, pour l'économie, de la perte de production des personnes incapables de travailler temporairement ou en permanence par suite d'une blessure;

c) les frais d'ambulance, d'hospitalisation et autres frais médicaux;

d) les coûts des dommages matériels, surtout aux véhicules routiers; et

e) les frais administratifs, y compris les frais d'administration des régimes d'assurance automobile et les coûts des services de la police lors des accidents de la route.

On peut aussi tenir compte d'autres coûts, par exemple, le coût des retards causés aux autres usagers de la route à cause des accidents (voir [14]).

Cette méthode peut aussi s'appliquer aux accidents de train ou aux accidents mettant en cause des trains et des véhicules automobiles.

L'évaluation des pertes de vie dues aux accidents est évidemment le point le plus discuté de ces études. La méthode la plus utilisée auparavant consistait à évaluer la contribution escomptée des victimes en termes de gains probables au cours de leur vie active; ces gains étaient actualisés de façon appropriée et rajustés pour tenir compte des probabilités de décès attribuables à d'autres facteurs. Cette méthode permet donc d'évaluer la contribution d'une personne dans la société en fonction de la production qu'elle aurait fournie si elle avait survécu. Les études susmentionnées emploient cette méthode. E.J. Mishan [27] soutenait cependant, dans une importante étude publiée en 1971, que cette mesure de la perte de production ne constitue pas une évaluation exacte des avantages de la diminution des accidents.

Selon Mishan, pour déterminer la véritable valeur d'une vie, il faudrait tenir compte du changement dans le risque de pertes de vie, car il est impossible de déterminer d'avance quelle personne mourra dans un accident. Une politique d'élimination des passages à niveau, par exemple, qui diminue les probabilités d'accident, profite donc à toute la population en cause en réduisant les probabilités de décès ou de blessure. D'après Mishan, on peut mesurer cette valeur en additionnant les variations compensatoires de la population, la variation compensatoire pour chaque habitant étant ici la somme maximale que chacun serait prêt à verser pour réduire d'un certain pourcentage le risque de décès pour lui-même ou sa famille et ses amis.

Mishan propose en réalité de ne pas évaluer une perte de vie en attribuant une valeur monétaire à la vie d'une personne en particulier. On ne peut pas dire (et nous ne voudrions pas le faire non plus) que F. Simard vaut 1 200 000 $ tandis que J. Côté ne vaut que 27,63 $. Il s'agit plutôt ici des sommes que la société est prête à payer pour réduire dans une proportion prévisible le risque de pertes de vie:

a) lorsque les ressources nécessaires pour sauver des vies ne sont pas illimitées et que la société ne veut évidemment pas consacrer toutes ses ressources aux activités qui visent à réduire les risques, par exemple, les soins médicaux et l'amélioration des dispositifs de sécurité; et

b) lorsque le risque pour un particulier est habituellement très faible, dans les cas où les gens prennent souvent de tels risques (par exemple, lorsqu'ils décident de prendre l'avion pour aller en vacances, de faire une randonnée en automobile ou d'aller skier plutôt que de rester à la maison).

Ce que nous essayons d'évaluer, ce sont donc les très légères variations du risque de pertes de vie pour chaque habitant concerné. Comme le faisait remarquer Bailey: "attribuer une juste 'valeur à une vie sauvée' n'est qu'un moyen simple de représenter l'ensemble des avantages de tous les habitants dont le risque de pertes de vie est atténué, cette valeur exprimée pour des raisons de commodité en unités de vie sauvée" [1, p. 19]. Si l'on parvenait à évaluer ces risques de façon satisfaisante, on pourrait alors se servir des valeurs obtenues pour améliorer les décisions et la répartition des ressources dans ce domaine. Le résultat de l'évaluation peut donc être le suivant: on sauve plus de vies de cette façon qu'autrement.

C'est évidemment l'évaluation qui pose un problème. L'étude de Mishan était purement théorique, mais beaucoup d'études empiriques ont depuis été faites d'après la méthode qu'il proposait. Les meilleures sont celles où les auteurs ont examiné le comportement réel des gens dans les situations qui comportent des risques. En particulier, lorsque les gens choisissent entre des professions plus ou moins dangereuses, ils optent parfois pour un travail dangereux pour gagner plus d'argent. Supposons, par exemple, qu'une personne ne voit aucune différence entre deux emplois et que le risque de mortalité par année de l'un des deux soit supérieur dans une proportion de 1 sur 1 000. Supposons encore que cet emploi plus dangereux rapporterait 250 $ de plus par année. La personne serait donc tout simplement prête à courir le risque pour 250 $. Si l'on prend maintenant un groupe de 1 000 travailleurs qui, au cours d'une année quelconque, ont tous accepté l'emploi plus dangereux, ce groupe gagnerait donc 250 000 $ de plus, mais il se peut que l'un d'entre eux meure accidentellement. Par contre, s'ils ont tous décidé que cela ne valait vraiment pas la peine de courir le risque et ont donc occupé le poste moins dangereux, ce groupe de travailleurs gagne donc 250 000 $ de moins mais la vie de l'un d'entre eux a été sauvée. Autrement dit, ils étaient prêts à payer 250 000 $ pour sauver une vie et la valeur de cette vie, c'est-à-dire le montant par décès évité, est égale à:

$$X = \text{montant par décès évité} = \frac{\text{salaire annuel supplémentaire de l'emploi dangereux}}{\text{risque annuel supplémentaire de l'emploi dangereux}}$$

$$= \frac{250\ \$}{0{,}001} = 250\ 000\ \$$$

Il serait peut-être possible d'établir ces évaluations en examinant soigneusement les différences de gains et de risques de divers emplois; c'est effectivement ce que plusieurs auteurs ont tenté de faire, surtout aux États-Unis. Bailey a récemment passé en revue les résultats des ces études [1], et selon lui, la meilleure étude est celle de Thaler et Rosen [47]. Bailey a apporté certaines modifications aux résultats de Thaler et Rosen afin de tenir compte de certaines critiques sur les méthodes et d'évaluer les résultats en dollars américains de 1978. Les valeurs ainsi obtenues se situaient entre 170 000 $ pour la valeur "faible", 303 000 $ pour la valeur "intermédiaire" et 584 000 $ pour la valeur "élevée". Elles figurent à la colonne (A) du tableau 5.1. Ces valeurs concordent avec les résultats d'une autre étude effectuée par Dillingham [12] et traitant de l'évaluation des risques fondée sur les données du marché du travail, mais elles sont moins élevées que les résultats des études de Smith [37] et de Viscusi [57]. Bailey explique dans sa monographie pourquoi, selon lui, les derniers chiffres sont moins fiables.

Blomquist [4] a adopté une autre méthode d'évaluation des risques, qui tient compte elle aussi du comportement réel, en comparant la diminution des risques que procure le port des ceintures de sécurité et l'accroissement des coûts en termes de temps nécessaire pour les attacher. Bien que cette étude soit plus vulnérable aux critiques que les études des gains (voir Needleman [29]), Bailey présente aussi les résultats de Blomquist en dollars américains de 1978. Les résultats varient entre 256 000 $ pour la valeur "faible", 409 000 $ pour la valeur "intermédiaire" et 715 000 $ pour la valeur "élevée". Ces résultats apparaissent dans la colonne (B) du tableau 5.1.

Bailey met en évidence certaines similitudes entre les estimations de Thaler et Rosen et celles de Blomquist qu'il combine pour obtenir l'échelle d'évaluation suivante: 170 000 $ pour la valeur "faible", 356 000 $ pour la valeur "intermédiaire" et 715 000 $ pour la valeur "élevée". Ces résultats sont indiqués dans la colonne (C) du tableau 5.1. Dans les colonnes (D) et (E), nous avons rajusté ces valeurs en exprimant les dollars américains de 1978 en dollars canadiens de 1980 et nous les avons augmentées de 2 % par année en termes réels pour tenir compte de la croissance réelle de la productivité. Enfin, nous avons arrondi les chiffres dans la colonne (F). Ainsi, les valeurs en dollars canadiens de 1980 par vie sauvée se situent entre 250 000 $ pour la valeur "faible", 500 000 $ pour la valeur "intermédiaire" et 1 000 000 $ pour la valeur "élevée". Nous nous proposons

Tableau 5.1

ESTIMATION D'UNE DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

	Thaler et Rosen	Blomquist	Valeur combinée de Bailey incluant les données de Thaler et Rosen et de Blomquist			
	$ am., 1978	$ am., 1978	$ am., 1978	$ am., 1980*	$ can., 1980	$ can., 1980, arr.
Valeur	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
Faible	170 000	256 000	170 000	209 712	245 195	250 000
Intermédiaire	303 000	409 000	356 000	439 162	513 468	500 000
Élevée	584 000	715 000	715 000	828 026	1 031 265	1 000 000

* Compte tenu d'une augmentation réelle de 2 % par année et de l'inflation entre 1978 et 1980.

Source: Pour explications, voir texte.

d'employer seulement les deux dernières pour l'évaluation. On peut néanmoins rajuster les résultats sur les coûts et avantages qui seront présentés plus loin pour obtenir, si on le désire, une évaluation plus (ou moins) élevée.

Il est à noter que les valeurs des vies sauvées sont plus élevées de cette façon que si on utilise la méthode du calcul de la perte de production. Cette dernière méthode, que Lawson a utilisée dans son étude des coûts des accidents de la route [24, p. B80], donne 190 000 $ (à un taux d'actualisation de 10 %) comme valeur de la perte de production par victime moyenne d'un accident de la route. Récemment, Blomquist [5] a expliqué en détail pourquoi ce résultat était prévisible et a soutenu que les évaluations servant aux décisions sur les projets susceptibles de réduire le risque de perte de vie devaient être fondées sur des valeurs plus élevées que celles tirées des estimations des gains futurs.

5.1.2 Accidents où il y a un train en cause

Examinons maintenant les coûts unitaires des accidents à des passages à niveau où un train est en cause. Les coûts se divisent en cinq catégories:

a) diminution du risque de pertes de vie;

b) diminution des pertes de production à cause de l'incapacité de travailler par suite d'une blessure;

c) économie en frais médicaux;

d) coûts des dommages matériels évités pour la compagnie de chemin de fer; et

e) coûts des dommages matériels évités pour les véhicules routiers, y compris les frais administratifs des régimes d'assurance.

Pour évaluer les coûts unitaires des accidents, il faut premièrement connaître le nombre moyen de victimes d'accidents à des passages à niveau. En 1980, il y a eu 321 accidents à des passages à niveau de CP Rail. De ce nombre, 27 ont causé des blessures mortelles et 97, des blessures n'ayant pas entraîné la mort. Chaque accident mortel comprenait en moyenne 1,19 décès et 0,33 blessure*. Le nombre moyen de personnes blessées par accident non mortel était de 1,36. Nous nous servons de ces chiffres car ils concordent avec d'autres données. Ils correspondent donc au nombre total d'accidents à des passages à niveau ayant fait des victimes pour toutes les compagnies de chemin de fer canadiennes en 1979 [6]. En outre, les données

---

* Cela explique l'inclusion des coûts attribuables aux blessures dans nos chiffres pour les accidents où il y a des morts.

américaines de 1978 et 1979 sur le nombre moyen de décès par accident mortel à des passages à niveau étaient respectivement 1,23 et 1,22, tandis que le nombre moyen de blessés par accident non mortel a atteint environ 1,3 au cours des deux années [55].

Si le nombre moyen de décès par accident mortel est de 1,19, la diminution moyenne du risque de pertes de vie représente alors 595 000 $ pour la valeur "intermédiaire" et 1 190 000 $ pour la valeur "élevée" pour les vies sauvées. Ces chiffres sont respectivement indiqués aux tableaux 5.2 et 5.3. Ces deux tableaux diffèrent l'un de l'autre seulement par l'utilisation de l'une ou l'autre de ces deux évaluations.

Pour les personnes blessées lors d'accidents à des passages à niveau, il y a perte de production durant la période où elles sont incapables de travailler. Ces pertes ont été évaluées à environ 1 000 $ canadiens de 1976 [24, p. B81] par victime des accidents de la route. Si l'on rajuste ce montant en fonction des valeurs réelles de 1980, on obtient un montant de 1 500 $ par personne blessée. Il suffit de multiplier ce montant par le nombre moyen de personnes blessées par accident à un passage à niveau pour obtenir la valeur des pertes de production, valeur qui figure aux tableaux 5.2 et 5.3.

Nous nous sommes servis des mêmes données [24, p. B81-B83] pour évaluer les économies de frais médicaux. Dans son rapport, Lawson a utilisé les données sur les coûts des soins médicaux en Ontario et au Québec pour déterminer les frais médicaux moyens par victime d'un accident de la route en 1976; ces frais s'élevaient à 300 $ en Ontario et à 750 $ au Québec. Exprimés en valeur réelle de 1980, ces montants équivalent respectivement à 450 $ et 1 125 $. La forte différence entre ces deux chiffres semble être en partie due au fait que le terme "victime" est pris dans un sens plus large en Ontario. Lawson propose dans son rapport d'utiliser, pour l'ensemble du Canada, la valeur moyenne approximative suivante par victime: 500 $ de 1978 ou 700 $ en valeur réelle de 1980. Ces chiffres sont probablement plutôt élevés. D'après une étude détaillée des frais médicaux entraînés par les accidents de la route aux États-Unis, le coût moyen par personne blessée représenterait 460 $ canadiens de 1980 [14]. Les coûts équivalents de 1980 pour la Grande-Bretagne varient entre 450 et 500 $ [52]. Nous nous servons donc dans notre étude du chiffre de l'Ontario, c'est-à-dire 450 $ par victime. Il faut, encore une fois, multiplier ce chiffre par le nombre moyen de victimes par accident à des passages à niveau pour obtenir les "économies en frais médicaux" qui se trouvent aux tableaux 5.2 et 5.3.

Les coûts des dommages matériels comprennent les dommages causés aux voies ferrées et au matériel ferroviaire ainsi qu'aux véhicules routiers. Dans le cas du premier groupe, les rapports de CP Rail sur les coûts des dommages matériels des accidents à des passages à niveau montrent que, pour les 321 accidents survenus en 1980, les coûts moyens des dommages pour

Tableau 5.2

COÛT MOYEN PAR ACCIDENT: ACCIDENTS OÙ IL Y A UN TRAIN EN CAUSE (VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE), EN DOLLARS CANADIENS DE 1980

	Type d'accident					
	Mortel		Non mortel		Où il n'y a que des dommages matériels	
Type d'avantage	($)	(%)	($)	(%)	($)	(%)
Diminution du risque de pertes de vie	595 000	91,51	0	0,00	0	0,00
Diminution des pertes de production à cause de l'incapacité de travailler par suite d'une blessure	495	0,08	2 040	18,25	0	0,00
Économies en frais médicaux	685	0,11	610	5,46	0	0,00
Dommages matériels évités pour la compagnie de chemin de fer	46 800	7,20	5 030	44,99	630	25,93
Dommages matériels évités pour les véhicules routiers	7 000	1,08	3 500	31,31	1 800	74,07
Total	650 000	100,00	11 200	100,00	2 430	100,00

Source: Pour explications, voir texte.

Tableau 5.3

COÛT MOYEN PAR ACCIDENT: ACCIDENTS OÙ IL Y A UN TRAIN EN CAUSE (VALEUR "ELÉVÉE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE), EN DOLLARS CANADIENS DE 1980

	Type d'accident					
	Mortel		Non mortel		Où il n'y a que des dommages matériels	
Type d'avantage	($)	(%)	($)	(%)	($)	(%)
Diminution du risque de pertes de vie	1 190 000	95,56	0	0,00	0	0,00
Diminution des pertes de production à cause de l'incapacité de travailler par suite d'une blessure	495	0,04	2 040	18,25	0	0,00
Économies en frais médicaux	685	0,06	610	5,46	0	0,00
Dommages matériels évités pour la compagnie de chemin de fer	46 800	3,76	5 030	44,99	630	25,93
Dommages matériels évités pour les véhicules routiers	7 000	0,58	3 500	31,31	1 800	74,07
Total	1 245 000	100,00	11 200	100,00	2 430	100,00

Source: Pour explications, voir texte.

la compagnie de chemin de fer atteignaient 5 843 $ par accident. Ce chiffre cache de grandes différences entre les montants d'un accident à l'autre puisque, dans la plupart des cas, les dommages matériels causés aux trains sont limités. D'autre part, certains accidents à des passages à niveau peuvent entraîner des coûts très élevés pour les dommages causés au train et à la voie ferrée lorsque le train déraille. En 1980, le coût total des dommages matériels déclaré par le CP pour les accidents à des passages à niveau atteignait 1 875 000 $, mais l'un des 321 accidents représentait à lui seul 45 % du total et deux autres représentaient ensemble 33 %. Les coûts des dommages avaient tendance à être nettement plus élevés dans le cas des accidents plus graves (au point de vue des blessures). Les coûts moyens des dommages matériels de la compagnie de chemin de fer se chiffraient donc à 46 800 $ pour les accidents mortels, à 5 030 $ pour les accidents non mortels avec blessés et à 630 $ pour les accidents n'ayant entraîné que des dommages matériels. Nous voulons que les chiffres soient présentés sous cette forme, mais le relevé des accidents très graves du CP en 1980 n'est peut-être pas représentatif. Aux États-Unis, toutes les compagnies de chemin de fer sont tenues de déclarer les coûts des dommages causés au matériel de la compagnie lorsque les coûts totaux dépassent un certain montant (qui était de 2 900 $ en 1979). Durant la période de cinq ans de 1975 à 1979, les coûts des dommages pour les accidents à des passages à niveau étaient en moyenne de 43 000 $ canadiens de 1980 par accident [54]. Les rapports de 1980 du CP indiquaient 71 800 $ pour le montant équivalent. Nos estimations des coûts des dommages matériels des compagnies de chemin de fer peuvent donc être plutôt élevées. Les données américaines ne permettent pas d'établir une distinction entre les coûts des dommages des accidents mortels, les accidents où il y a eu des blessés et ceux où il n'y avait que des dommages, ni ne fournissent de renseignements sur les accidents beaucoup plus nombreux où les dommages sont inférieurs à 2 900 $.

Les données sur les coûts des dommages causés aux véhicules routiers sont tirées du rapport de Lawson [24, p. B77]. D'après les données détaillées des rapports d'assurance employées dans cette étude, les coûts moyens des dommages causés aux véhicules se chiffrent, en dollars canadiens de 1980, à 7 000 $ par accident mortel, 3 500 $ pour un accident avec blessés et 1 800 $ pour un accident où il n'y a que des dommages matériels. Si l'on utilisait ces chiffres pour les accidents à des passages à niveau, le coût des dommages serait plus élevé pour l'accident moyen à un passage à niveau que pour l'accident de la route moyen car les accidents mortels sont plus fréquents dans le premier cas. Les chiffres concordent en outre avec les données américaines sur les coûts des dommages causés aux véhicules précisément dans les accidents à des passages à niveau. Dans le rapport d'accident et d'incident à des passages à niveau, la Federal Railroad Administration exige une estimation des coûts des dommages causés aux véhicules. Au cours de la période de trois ans de 1978 à 1980, les coûts par

accident se chiffraient en moyenne à 2 732 $ canadiens de 1980 [55]. On obtient un montant de 2 751 $ lorsqu'on multiplie les données canadiennes présumées par les coefficients de pondération tirés des rapports du CP indiquant le nombre d'accidents mortels, d'accidents où il y a des blessés ou d'accidents où il n'y a que des dommages qui sont survenus à des passages à niveau*. Nous avons donc utilisé dans les tableaux 5.2 et 5.3 les coûts estimatifs moyens des dommages causés aux véhicules pour tous les accidents de la route susmentionnés.

5.1.3 Accidents où il n'y a pas de train en cause

Les coûts de ces accidents peuvent être calculés par les mêmes méthodes et avec les mêmes valeurs que dans les deux sections précédentes. Comme pour les accidents où il y a un train en cause, nous avons présenté des estimations distinctes pour les valeurs "intermédiaire" et "élevée" des avantages de la diminution du risque de pertes de vie. Ces estimations figurent respectivement aux tableaux 5.4 et 5.5.

Nous avons besoin, comme donnée supplémentaire, du nombre moyen de victimes par accident dans des accidents à des passages à niveau où il n'y a pas de train en cause. Nous supposons que ces taux sont les mêmes que pour tous les autres accidents de la route. Entre 1974 et 1976, il y a eu 1,19 décès et 1,05 blessure non mortelle par accident mortel moyen sur les routes canadiennes, mais 1,45 blessés [24, p. B83] par accident moyen non mortel. Ce sont les chiffres dont nous nous sommes servis pour calculer les coûts estimatifs présentés aux tableaux 5.4 et 5.5.

Les chiffres des tableaux 5.4 et 5.5 sur les dommages matériels causés aux véhicules routiers dans des accidents mortels, des accidents non mortels et des accidents où il n'y a que des dommages matériels correspondent aux moyennes pour tous les accidents de la route au Canada. Nous avons pu comparer ces chiffres aux données de 1979 et 1980 du ministère des Transports de l'Alberta sur les coûts estimatifs des dommages causés aux véhicules routiers dans des accidents à des passages à niveau ou près de passages à niveau où il y avait des véhicules routiers en cause, mais non du matériel ferroviaire roulant. Voici les chiffres obtenus pour les coûts moyens des dommages causés aux véhicules routiers, aux prix de 1980, par accident à des passages à niveau où il n'y a pas de train en cause:

---

* [(7 000 x 0,0841) + (3 500 x 0,3022) + (1 800 x 0,6137)] $ = 2 751,06 $.

Tableau 5.4

COÛT MOYEN PAR ACCIDENT: ACCIDENTS OÙ IL N'Y A PAS DE TRAIN EN CAUSE (VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE), EN DOLLARS CANADIENS DE 1980

	Type d'accident					
	Mortel		Non mortel		Où il n'y a que des dommages matériels	
Type d'avantage	($)	(%)	($)	(%)	($)	(%)
Diminution du risque de pertes de vie	595 000	98,41	0	0,00	0	
Diminution des pertes de production à cause de l'incapacité de travailler par suite d'une blessure	1 575	0,26	2 175	34,36	0	
Économies en frais médicaux	1 010	0,17	655	10,35	0	
Dommages matériels évités pour la compagnie de chemin de fer	-	-	-	-	-	
Dommages matériels évités pour les véhicules routiers	7 000	1,16	3 500	55,29	1 800	
Total	604 600	100,00	6 330	100,00	1 800	

Source: Pour explications, voir texte.

Tableau 5.5

COÛT MOYEN PAR ACCIDENT: ACCIDENTS OÙ IL N'Y A PAS DE TRAIN EN CAUSE (VALEUR "ÉLÉVEE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE), EN DOLLARS CANADIENS DE 1980

Type d'avantage	Type d'accident					
	Mortel		Non mortel		Où il n'y a que des dommages matériels	
	($)	(%)	($)	(%)	($)	(%)
Diminution du risque de pertes de vie	1 190 000	99,20	0	0,00	0	
Diminution des pertes de production à cause de l'incapacité de travailler par suite d'une blessure	1 575	0,13	2 175	34,36	0	
Économies en frais médicaux	1 010	0,08	655	10,35	0	
Dommages matériels évités pour la compagnie de chemin de fer	-	-	-	-	-	
Dommages matériels évités pour les véhicules routiers	7 000	0,58	3 500	55,29	1 800	
Total	1 199 600	100,00	6 330	100,00	1 800	

Source: Pour explications, voir texte.

	1979	1980
Données du ministère des Transports de l'Alberta	1 980 $	2 200 $
Estimations de Lawson [24] pondérées par le nombre réel d'accidents mortels, d'accidents où il y a des blessés et d'accidents où il n'y a que des dommages matériels dans le cas des accidents survenus à des passages à niveau en Alberta où il n'y avait pas de train en cause	2 137 $	2 220 $

Le peu de différence entre les chiffres de chaque année de chaque source donne à penser que l'utilisation des estimations de Lawson pour évaluer les dommages causés aux véhicules dans des accidents à des passages à niveau où il n'y a pas de train en cause est tout à fait justifiée.

5.2 Avantages en termes de diminution des retards causés aux véhicules

5.2.1 Économies de temps

L'économie de temps pour la circulation routière est l'un des principaux avantages des investissements dans la construction routière. C'est la raison pour laquelle de nombreuses études ont été effectuées sur la valeur de ces économies de temps. Hensher [21] a examiné en détail et résumé les résultats de ces études. De façon générale, on peut diviser ces économies de temps en deux grandes catégories: a) les économies durant les périodes normales de travail, et b) les économies en dehors des périodes normales de travail. Cette dernière comprend les économies de temps pour se rendre au travail et en revenir.

On présume généralement qu'on peut mettre à profit les économies obtenues durant les périodes normales de travail (par exemple, les économies pour les chauffeurs de camion ou les employés qui se déplacent pour affaires). Si c'est le cas, il y a une économie pour l'employeur que l'on peut évaluer d'après le taux que cet employeur est prêt à payer pour les services productifs de ses employés (car un employeur sensé n'engage d'employés que si les avantages qu'il retire de leurs services équivalent au moins au prix de ces services). Le taux que paie l'employeur pour les services correspond à la somme des gains de l'employé (y compris l'impôt) et des frais généraux de l'employeur sous forme de contributions aux régimes de retraite, de bien-être et de prévoyance. Ce qui nous intéresse ici, c'est donc le coût net des services d'un employé pour l'employeur.

Les valeurs des économies en dehors des périodes normales de travail sont plus difficiles à déterminer, car il

n'y a pas de marché direct pour les heures de loisir. Toutefois, les gens ont souvent le choix de dépenser un certain montant pour épargner du temps (par exemple, en payant plus cher pour voyager en autobus express); en examinant le comportement des gens en pareils cas, on peut donc savoir combien ils sont prêts à payer pour réduire la durée du voyage d'un nombre d'heures donné dans différents cas. Beesley [3] a été l'un des premiers à utiliser cette méthode dans une étude sur les fonctionnaires londoniens; Quarmby [32] a par la suite élaboré une méthode statistique plus raffinée. D'autres auteurs ont entrepris des études du même genre. Comme le fait remarquer Hensley, même si les résultats "sont loin d'être clairs ... on en a dégagé certains principes généraux généralement acceptés" [21, p. 33].

Le principe fondamental est le suivant: les économies de temps en dehors des périodes normales de travail semblent représenter entre 20 et 50 % du niveau du revenu des personnes concernées et on attribue une plus grande valeur aux diminutions de la durée de l'attente ou de la marche qu'à celles du temps passé dans le véhicule. Il semble donc y avoir une relation positive entre la valeur des économies de temps et le revenu et les travailleurs mieux rémunérés attribuent à chaque minute épargnée une valeur monétaire plus élevée que les travailleurs moins bien rémunérés. En se servant des résultats de Beesley et Quarmby, Frankena [17, p. 17] proposait d'utiliser 1,20 $ à 3 $ l'heure, au prix de 1976, comme échelle de valeurs des économies de temps en dehors des périodes normales de travail dans les villes canadiennes; ces chiffres sont fondés sur un taux de salaire moyen des automobilistes canadiens d'environ 6 $ l'heure pour l'année 1976.

Les études de Gaudry, à Montréal [17], et de Sargious et Bee, à Calgary [34], contiennent elles aussi des données directes sur les valeurs canadiennes. Les auteurs de ces deux études ont constaté que la durée de l'attente et de la marche a une valeur plus élevée que le temps passé dans le véhicule. En se servant des données de 1970 sur Montréal et de ce qu'il a appelé son modèle CL, Gaudry évaluait le temps passé dans le véhicule à 1,08 $ l'heure dans le cas des utilisateurs des transports en commun et à 1,11 $ l'heure pour les utilisateurs d'automobile. Ces valeurs représentent environ 30 % des taux de salaire moyens en vigueur à Montréal à cette époque. Sargious et Bee ont employé les données de 1976 sur Calgary. D'après leurs calculs, la valeur du temps passé dans le véhicule était de 2,04 $ l'heure pour les voyageurs appartenant à un ménage ne possédant qu'une voiture et de 4,97 $ l'heure pour les ménages (probablement plus aisés) possédant au moins deux voitures. Ces valeurs canadiennes concordent toutes avec les échelles de pourcentages des gains dont nous avons parlé.

Pour déterminer la sensibilité de nos résultats à la valeur présumée des économies de temps, nous proposons d'employer respectivement comme valeur "faible" et "élevée"

25 % et 40 % des gains de 1980 pour évaluer les économies de temps en dehors des périodes normales de travail.

En 1980, les gains hebdomadaires moyens au Canada des salariés de toutes les industries, y compris des industries manufacturières et minières ainsi que de la construction et des services, se chiffraient à 317,38 $ [42]. Nous n'avons pas les données sur le nombre moyen d'heures travaillées pour toutes les industries. Néanmoins, la moyenne hebdomadaire de 1980 était de 41 heures dans le secteur des mines, de 38 heures et 1/2 et 37 heures et 1/2 dans les industries manufacturières et de 39 heures dans le secteur de la construction [42]. Étant donné que la semaine normale de travail est de 37 heures et 1/2 dans plusieurs domaines du secteur des services, nous adoptons une moyenne de 38 heures de travail par semaine. On obtient donc comme gains moyens 8,35 $ l'heure.

Les valeurs pour les périodes normales de travail comprennent également les frais généraux sous forme de contributions aux régimes de retraite, de bien-être et de prévoyance. Les enquêtes sur les coûts de main-d'oeuvre de 1976 et 1978 fournissent des données détaillées sur ces paiements. En 1976 et 1978, ces paiements représentaient respectivement 8,78 % et 9,35 % des montants directs totaux versés aux employés au cours de ces deux années [41, p. 19]. Nous augmentons donc les gains horaires de 9 %, ce qui nous donne 9,10 $ l'heure en 1980 comme valeur moyenne des économies de temps durant les périodes normales de travail. Ce chiffre nous permet d'évaluer en termes d'heures de travail les économies de temps durant les périodes normales de travail pour les personnes qui voyagent en automobile et en autobus.

Nous utilisons un taux légèrement supérieur dans le cas des chauffeurs de camion et d'autobus, soit 10,10 $ l'heure. Ce taux résulte de ce que les gains hebdomadaires moyens sont plus élevés dans ces industries. En 1980, ces gains se chiffraient à 354,06 $ dans l'industrie du camionnage et à 350,02 $ dans celle du transport rural et interurbain par autobus [42].

Pour les économies de temps en dehors des heures normales de travail, nous comptons 25 % ou 40 % des gains horaires moyens de 8,35 $. On obtient ainsi, pour ces économies, une valeur horaire de 2,09 $ pour la valeur "faible" et 3,34 $ pour la valeur "élevée".

Les valeurs de la durée du trajet par heure et par minute figurent au tableau 5.6. Pour compléter les évaluations, il faut déterminer le pourcentage des personnes qui se déplacent en automobile durant les heures normales de travail, afin d'obtenir la valeur combinée des économies de temps pour les déplacements en automobile qui sera intégrée au programme machine. Si nous avions les données d'une enquête sur la circulation à un passage à niveau particulier, nous pourrions

Tableau 5.6

VALEURS DES ÉCONOMIES DE TEMPS

Type d'utilisateur de la route et d'économie de temps	Valeur de l'économie de temps	
	$ l'heure	¢ la minute
PÉRIODES NORMALES DE TRAVAIL:		
Automobilistes	9,10	15,2
Passagers des automobiles	9,10	15,2
Chauffeurs d'autobus	10,10	16,8
Passagers d'autobus	9,10	15,2
Chauffeurs de camion	10,10	16,8
HEURES EN DEHORS DES PÉRIODES NORMALES DE TRAVAIL:		
Tous les voyageurs,		
valeur "faible"	2,09	3,5
valeur "élevée"	3,34	5,6
VALEURS COMBINÉES*:		
Automobilistes et passagers,		
valeur "faible"	2,79	4,7
valeur "élevée"	3,92	6,5
Passagers des autobus,		
valeur "faible"	2,79	4,7
valeur "élevée"	3,92	6,5

* En supposant que 10 % des gens se déplacent durant les périodes normales de travail et 90 % durant les heures de loisir.

Source: Pour explications, voir texte.

calculer de la façon suivante la valeur "faible" des économies de temps des personnes qui utilisent une automobile:

Valeur "faible" par heure = (proportion de personnes qui utilisent une automobile durant les périodes normales de travail) 9,10 $ +

(proportion de personnes qui utilisent une automobile durant les heures de loisir) 2,09 $.

Cependant, ces informations ne seront vraisemblablement pas disponibles dans bien des cas. Les enquêtes sur la circulation effectuées en Ontario ces dernières années ont permis de déterminer la proportion de personnes qui se déplacent durant les heures de travail et de loisir. Les résultats sont indiqués au tableau 5.7. Les déplacements durant les périodes normales de travail incluent cependant l'aller au travail et le retour. Le pourcentage des déplacements durant les périodes normales de travail est donc inférieur à 32-45 %, probablement de beaucoup. Par conséquent, nous présumons qu'en moyenne 10 % des utilisateurs d'automobiles se déplacent durant les périodes normales de travail. À l'aide de la formule qui précède, nous obtenons une valeur combinée "faible" de 2,79 $ l'heure pour les économies de temps des utilisateurs d'automobiles et une valeur combinée "élevée" de 3,92 $ l'heure.

Les valeurs des économies de temps figurant au tableau 5.6 correspondent aux valeurs de 1980 aux prix de 1980. Étant donné que les gains réels augmenteront probablement avec le temps, il en sera de même pour les valeurs réelles présumées en termes de temps. Comme nous l'avons dit au chapitre 4, on peut prévoir que les gains réels augmenteront au même rythme que la productivité réelle par travailleur que nous avons évaluée à 2 % par année, compte tenu de ce qui s'est produit dans le passé. Pour les années à venir, il faudrait donc, en utilisant ce taux annuel, extrapoler les valeurs en termes de temps indiquées au tableau 5.6.

5.2.2 Économies de carburant

Pour ce qui est des prix du carburant, nous nous servons des prévisions du prix de l'essence pour moteurs établies par Énergie, Mines et Ressources Canada dans le cadre de la politique énergétique nationale. Ces prévisions nous ont été communiquées par M. Ram Sahi de la Direction de la stratégie de l'énergie. Elles sont indiquées au tableau 5.8 aux prix de 1980. Les prévisions d'Énergie, Mines et Ressources Canada portent sur la période de 1981 à 1990 et constituent une moyenne pour l'ensemble du Canada. Sur l'avis des agents du ministère, nous avons prévu une augmentation de 5,40 $ le baril pour le prix du pétrole en 1981 qui n'était pas prévue lors des premières prédictions. Pour la période postérieure à 1990, nous

Tableau 5.7

MOTIF DE DÉPLACEMENT: AUTOMOBILISTES EN ONTARIO

Région de l'Ontario	Motif de déplacement	
	Pour le travail (aller-retour)	Autre que pour le travail
	(% des automobilistes)	
Sud-Ouest	40	60
Centre	45	55
Est	40	60
Nord	33	67
Nord-Ouest	32	68

Source: Renseignements fournis par le ministère des Transports et des Communications de l'Ontario.

Tableau 5.8

PRÉVISIONS DU PRIX DE L'ESSENCE, MOYENNE CANADIENNE, PRIX DE 1980

Année	Prix ($ le litre)	Année	Prix ($ le litre)
1981	0,30	1992	0,41
1982	0,31	1993	0,42
1983	0,32	1994	0,43
1984	0,33	1995	0,44
1985	0,34	1996	0,45
1986	0,35	1997	0,46
1987	0,36	1998	0,47
1988	0,37	1999	0,48
1989	0,38	2000	0,49
1990	0,39	2001	0,50
1991	0,40		

Sources: 1981 à 1988 et 1990: renseignements fournis par Énergies, Mines et Ressources Canada.
1989 et 1991 à 2001: extrapolation de l'auteur.

avons extrapolé les prévisions jusqu'à l'an 2001 en présumant que le prix réel de l'essence augmentera encore d'un cent le litre par année. Cela signifie que le prix réel de l'essence augmentera de 67 % de 1981 à 2001.

Il est à noter que les prix réels de l'essence sont publiés dans les enquêtes de Statistique Canada sur les prix à la consommation [40]. Ces enquêtes fournissent des informations sur les prix mensuels de l'essence dans les grandes villes canadiennes. Les prix publiés s'appliquent aux catégories suivantes:

Essence ordinaire/essence avec plomb/station libre-service
Essence ordinaire/essence sans plomb/station libre-service
Essence super/essence sans plomb/station libre-service
Essence ordinaire/essence avec plomb/station-service ordinaire
Essence ordinaire/essence sans plomb/station-service ordinaire
Essence super/essence sans plomb/station-service ordinaire.

Si l'on calcule la moyenne des six catégories pour les douze mois de 1980, on obtient 27,8 cents le litre à Toronto et 28,2 cents le litre à Montréal.

5.2.3 Économies dans l'usure des pneus

Les coûts unitaires des pneus sont tirés des données sur les prix moyens des pneus du ministère des Transports et des Communications de l'Ontario. Vers le milieu de 1981, le prix d'un pneu automobile en polyester était de 51 $ pour une voiture de taille moyenne. Un sondage par téléphone, effectué au début de juillet 1981 auprès de cinq fournisseurs de pneus d'Ottawa, a donné un résultat semblable, soit 48,50 $. Nous avons calculé la moyenne de ces deux chiffres et l'avons réduite de 10 % pour tenir compte de l'inflation du milieu de 1980 au milieu de 1981. Nous avons ensuite utilisé la valeur de 45 $ ainsi obtenue dans notre évaluation des avantages que procure l'élimination des passages à niveau au point de vue de l'usure des pneus.

Nous avons employé une valeur de 70 $ le pneu pour les camions simples et de 110 $ le pneu pour les camions à remorque. Ces chiffres sont fondés sur les données de l'Ontario et rajustés pour tenir compte à la fois de l'inflation, du milieu de 1980 au milieu de 1981, et de la pratique courante du rechapage.

Chapitre 6

RÉPARTITION DES COÛTS POUR LA CONSTRUCTION DE NOUVEAUX ÉTAGEMENTS DE VOIES

Nous analyserons dans le présent chapitre les avantages de divers projets d'étagement de voies financés dans le cadre du Programme d'aide au transport urbain. Ces projets sont de nouvelles constructions qui remplacent des passages à niveau. Nous les avons choisis parmi un échantillon de projets du Programme pour représenter les différents types de situations*. Notre analyse de ces projets vise à démontrer comment les différents critères de répartition des coûts, examinés au chapitre 2 du présent rapport, et les méthodes d'analyse des répercussions de ces critères, dont il est question aux chapitres 3 à 5, peuvent servir à évaluer l'incidence de divers principes de répartition des coûts. Dans le chapitre qui suit, nous appliquons les mêmes principes à la répartition des coûts des projets de reconstruction, en nous servant une fois de plus de projets (de reconstruction) représentatifs choisis dans l'échantillon de projets du PATU.

6.1 Méthode d'analyse

Nous estimons les avantages des projets d'étagement de voies pour une période de trente ans** et utilisant, tour à tour, des taux d'actualisation de 5 % et de 10 %***. Nous supposons, pour chaque projet, que les travaux de construction débutent à l'année 0. Si les travaux doivent durer deux ans, les coûts de construction sont alors répartis uniformément sur les années 0 et 1. Les avantages se manifestent donc de la deuxième à la trentième année. Les coûts de construction prévus sont tirés des dossiers de la CCT et, par conséquent, ne tiennent pas compte du fait que les coûts de construction réels peuvent éventuellement être surestimés ou sous-estimés.

Étant donné que la version du programme de Transports Canada que nous utilisons évalue les avantages pour une seule année, nous avons calculé les avantages annuels de chaque projet pour trois ou quatre années distinctes durant la période de vingt ans après la construction. Pour ce faire, nous avons

---

* Une liste des projets du PATU figure à l'appendice 2.

** Voir page 37.

*** Voir pages 36 et 37.

utilisé le programme machine pour évaluer les avantages de la diminution des retards causés aux véhicules et de la diminution du nombre d'accidents où un train est en cause au cours de ces années. Nous nous sommes ensuite servis des prévisions du programme sur les accidents pour calculer les coûts, pour ces années, des accidents où il n'y a pas de train en cause* et des retards causés aux trains**. Puis, nous avons extrapolé les avantages des autres années, entre les années 1 et 20, à partir de ces chiffres. Nos estimations des avantages annuels des projets particuliers choisis tiennent donc compte de la hausse des coûts réels à la fois du carburant et du temps, et de différents taux d'accroissement prévus de la circulation routière et ferroviaire d'un passage à niveau à l'autre. Les prévisions de la circulation pour des périodes de plus de vingt ans étant évidemment moins sûres à partir de la vingt et unième année, nous avons supposé qu'après la vingtième année, les avantages annuels demeuraient constants.

Les valeurs pour la diminution des coûts annuels d'entretien des passages à niveau sont tirées du tableau 3.3; nous les avons actualisées en conséquence afin de tenir compte des 2 % annuels d'augmentation réelle que nous avons supposés pour ces coûts par suite de l'accroissement des gains réels***.

Le tableau 6.1 indique les valeurs actualisées des projets représentatifs que nous avons choisis. Les valeurs actualisées comprennent nos deux différents taux d'actualisation (5 % et 10 %), les valeurs "faible" et "élevée" des heures en dehors des périodes normales de travail et nos valeurs "intermédiaire" et "élevée" des diminutions du risque de pertes de vie****. Le tableau présente quatre principaux types d'avantages (diminution des accidents, des retards causés aux véhicules routiers, des retards causés aux trains et des coûts d'entretien des passages à niveau), le total de ces quatre types d'avantages et, en dernier lieu, les coûts de construction prévus.

---

* Voir pages 23 et 24.

** Voir page 28.

*** Voir pages 30, 31 et 32.

**** Voir page 41.

Tableau 6.1

VALEURS ACTUALISÉES DES PROJETS, EN MILLIONS DE DOLLARS, PRIX DE 1980

Projet	Type d'avantage: Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages	Coûts en capital
CH. SHORNCLIFFE, SANS TRAIN GO						
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,27	1,72	0,03	0,09	2,11	5,75
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,15	0,89	0,02	0,05	1,11	5,67
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,48	1,72	0,03	0,09	2,32	5,75
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,27	0,89	0,02	0,05	1,23	5,67
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,27	1,84	0,03	0,09	2,26	5,75
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,15	0,97	0,02	0,05	1,19	5,67
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,48	1,87	0,03	0,09	2,47	5,75
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,27	0,97	0,02	0,05	1,30	5,67

Tableau 6.1 (suite)

Projet	Type d'avantage: Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages	Coûts en capital
CH. SHORNCLIFFE, AVEC TRAINS GO						
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,27	1,72	0,03	0,09	2,11	5,75
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,15	0,89	0,02	0,05	1,11	5,67
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,49	1,78	0,03	0,09	2,39	5,75
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,28	0,92	0,03	0,05	1,27	5,67
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,28	1,94	0,03	0,09	2,34	5,75
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,16	1,00	0,02	0,05	1,23	5,67
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,49	1,94	0,03	0,09	2,56	5,75
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,28	1,00	0,02	0,05	1,35	5,67

Tableau 6.1 (suite)

Projet	Type d'avantage: Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages	Coûts en capital
CH. BRONTE, SANS TRAIN GO						
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,17	3,67	0,14	0,08	4,05	4,88
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,10	1,85	0,07	0,04	2,07	4,82
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,29	3,67	0,14	0,08	4,17	4,88
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,18	1,85	0,07	0,04	2,15	4,82
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,17	3,93	0,14	0,08	4,31	4,88
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,10	1,98	0,07	0,04	2,19	4,82
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,29	3,93	0,14	0,08	4,43	4,88
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,18	1,98	0,07	0,04	2,27	4,82

Tableau 6.1 (suite)

Projet	Type d'avantage: Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages	Coûts en capital
CH. BRONTE, SANS TRAIN GO						
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,17	3,67	0,14	0,08	4,05	4,88
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,10	1,85	0,07	0,04	2,07	4,82
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,29	3,67	0,14	0,08	4,17	4,88
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,18	1,85	0,07	0,04	2,15	4,82
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,17	3,93	0,14	0,08	4,31	4,88
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,10	1,98	0,07	0,04	2,19	4,82
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,29	3,93	0,14	0,08	4,43	4,88
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,18	1,98	0,07	0,04	2,27	4,82

Tableau 6.1 (suite)

Projet	Type d'avantage: Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages	Coûts en capital
CH. GARDINERS						
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,46	3,96	0,26	0,10	4,77	4,43
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,26	2,02	0,14	0,05	2,48	4,37
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,79	3,96	0,26	0,10	5,10	4,43
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,46	2,02	0,14	0,05	2,67	4,37
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,46	4,28	0,26	0,10	5,10	4,43
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,26	2,19	0,14	0,05	2,64	4,37
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,79	4,28	0,26	0,10	5,34	4,43
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,46	2,19	0,14	0,05	2,84	4,37

Tableau 6.1 (suite)

Projet	Type d'avantage: Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages	Coûts en capital
CH. ELLESMERE						
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	1,20	7,28	0,01	0,05	8,54	7,67
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,69	3,71	0,01	0,03	4,44	7,36
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	2,18	7,28	0,01	0,05	9,52	7,67
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	1,26	3,71	0,01	0,03	5,00	7,56
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	1,20	7,63	0,01	0,05	8,89	7,67
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,69	3,89	0,01	0,03	4,62	7,56
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	2,18	7,63	0,01	0,05	9,87	7,67
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	1,26	3,89	0,01	0,03	5,19	7,56

Tableau 6.1 (suite)

Projet	Type d'avantage: Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages	Coûts en capital
RUE BURLINGTON						
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,76	12,77	0,00	0,05	13,58	5,23
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,45	6,59	0,00	0,03	7,07	5,15
Taux d'actualisation de 5 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	1,36	12,77	0,00	0,05	14,17	5,23
Taux d'actualisation de 10 %, valeur faible du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,80	6,59	0,00	0,03	7,42	5,15
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,76	13,44	0,00	0,05	14,25	5,23
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur intermédiaire d'une perte de vie	0,45	6,94	0,00	0,03	7,42	5,15
Taux d'actualisation de 5 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	1,36	13,44	0,00	0,05	14,85	5,23
Taux d'actualisation de 10 %, valeur élevée du temps, valeur élevée d'une perte de vie	0,80	6,94	0,00	0,03	7,77	5,15

6.2 Projets considérés

Avant d'examiner ces résultats, nous tenons à donner le contexte des projets représentatifs considérés.

Passage inférieur du chemin Shorncliffe, Etobicoke, point milliaire 10.13, subdivision de Galt du CP

Il s'agit d'un projet régi par l'article 16 et qui a pour but de construire un passage inférieur sous un chemin de fer à quatre voies. En 1978, 34 trains de marchandises par jour circulaient sur ce chemin de fer. Le trafic ferroviaire était censé augmenter par suite de l'inauguration d'un service de trains de banlieue GO en 1981, bien qu'on ne prévoyait alors que six trajets supplémentaires par jour. Le chemin Shorncliffe est une voie de desserte urbaine où circulaient environ 11 000 véhicules par jour en 1980, en grande partie des poids lourds. On prévoit un accroissement de la circulation de 2 % par année jusqu'en 1995. Le passage à niveau est censé être fermé quand le passage inférieur sera construit. La voie ferrée au passage à niveau est plus ancienne que la route.

Pour connaître l'incidence des trains de banlieue GO sur les avantages des étagements de voies, nous avons analysé ce projet avec et sans les trains de banlieue en service.

Passage inférieur du chemin Bronte, Oakville, point milliaire 25.69, subdivision d'Oakville du CN

Il s'agit d'un projet régi par l'article 16 pour construire un passage inférieur sous un chemin de fer à deux voies. En 1976, 34 trains voyageurs (maintenant exploités par VIA) et 22 trains de marchandises par jour circulaient sur ce chemin de fer. Comme pour le projet du chemin Shorncliffe, on prévoit mettre des trains de banlieue GO en service; étant donné qu'on se trouverait à prolonger le principal circuit de trains de banlieue Pickering/Oakville, il y aurait 50 trajets de plus par jour pour les trains voyageurs. Étant donné l'augmentation du nombre de trains de marchandises et des trains VIA, il faudrait probablement deux voies ferrées supplémentaires.

Le chemin Bronte est une grande artère urbaine à deux voies où circulaient 9 500 véhicules par jour en 1978. On prévoit un accroissement de la circulation de 8,3 % par année de 1978 à 1986. Le passage à niveau est censé être fermé lorsque la construction du passage inférieur sera terminée. Le chemin de fer à ce passage à niveau est plus récent que la route.

Comme pour le projet du chemin Shorncliffe, nous avons analysé les avantages du passage inférieur du chemin Bronte avec et sans les trains de banlieue GO.

Passage inférieur du chemin Gardiners, Frontenac, point milliaire 178.5, subdivision de Kingston du CN

Il s'agit d'un projet régi par l'article 16 pour construire un passage sous un chemin de fer à trois voies sur un grand circuit de Toronto - Montréal. En 1977, 20 trains voyageurs (VIA) et 30 trains de marchandises par jour circulaient sur ce chemin de fer. On prévoit supprimer le passage à niveau qui se trouve actuellement sur ce chemin de fer ainsi que le croisement de voies simples du chemin Gardiners et de l'embranchement Cataraqui. Quatre trains de marchandises passent chaque jour sur ce chemin de fer qui se trouve 350 pieds au sud du croisement principal.

Le chemin Gardiners est une grande artère à deux voies où la circulation était de 14 500 véhicules par jour en 1976. On prévoit un accroissement de la circulation de 3,6 % par année entre 1976 et 1997. À ce passage à niveau, le chemin de fer est plus récent que la route.

Nous avons inclus dans notre analyse de ce projet une diminution des retards causés aux véhicules et des coûts des accidents tant au croisement principal qu'au croisement de l'embranchement Cataraqui.

Passage inférieur du chemin Ellesmere, Toronto, point milliaire 57.02, subdivision d'Uxbridge du CN

Il s'agit d'un projet régi par l'article 16 pour construire un passage supérieur au-dessus d'un chemin de fer à une seule voie. Il n'y a pas beaucoup de circulation sur ce chemin de fer; en 1977, on y comptait quatre trajets de trains voyageurs (du service Toronto - Stouffville de VIA) et quatre manoeuvres de trains de marchandises par jour. Contrairement aux trois projets précédents, on ne prévoit aucune augmentation du trafic ferroviaire ou de la capacité. Toutefois, le passage supérieur incluera également une ligne de transport vers Scarborough pour wagons et voitures de chemin de fer de poids léger. Dans nos calculs, nous n'avons pas tenu compte de l'effet qu'aurait l'exploitation de wagons et de voitures de chemin de fer de poids léger sur la circulation du chemin Ellesmere s'il n'y a pas d'étagement de voies.

Le chemin Ellesmere est une grande artère à six voies où circulaient 30 000 véhicules par jour en 1978. On prévoit un accroissement de la circulation de 4 % par année entre 1978 et 1991. On est censé fermer le passage à niveau actuel quand le passage supérieur sera construit. Le chemin de fer à ce passage à niveau est plus récent que la route.

Passage supérieur de la rue Burlington, Hamilton-Wentworth, point milliaire 0.36, voie de raccord Firestone du CN, et point milliaire 43.37, Toronto, pour la subdivision du chemin de fer Grimsby de Hamilton et Buffalo

Il s'agit d'un projet régi par l'article 17 pour construire un passage supérieur au-dessus d'un embranchement à voie simple où circulaient quotidiennement en 1979 entre 15 et 21 trains de marchandises à faible vitesse. Plusieurs circulent aux heures de pointe et on prévoit une forte augmentation du trafic ferroviaire.

La rue Burlington est une grande artère à quatre voies où il y avait beaucoup de circulation en 1979: 46 000 véhicules par jour dont 16 % étaient des poids lourds. On prévoit un accroissement de la circulation de 2,9 % par année entre 1979 et 2001. Le nombre de véhicules par jour atteindrait donc 86 000 en l'an 2001. Le projet du passage supérieur fait partie d'un projet de construction routière important dans la région. Le chemin de fer au passage à niveau est plus récent que la route.

6.3 Analyse des résultats

6.3.1 Valeurs actualisées

Comme nous l'avons déjà dit, les valeurs actualisées sont indiquées au tableau 6.1. Dans le projet de la rue Burlington, les avantages actualisés dépassent les coûts actualisés pour toutes les combinaisons de taux d'actualisation et de valeurs du temps et de la vie. Au contraire, les coûts dépassent les avantages dans les projets Shorncliffe et Bronte, quelles que soient nos hypothèses. Pour les projets Gardiners et Ellesmere, les avantages dépassent les coûts à un taux d'actualisation de 5 %, mais pas à un taux de 10 %.

Les différentes caractéristiques des passages à niveau qui seront supprimés, et dont il est question dans la section 6.2, se traduisent par des différences dans les valeurs actualisées des avantages des projets concernés. Fait particulièrement intéressant, la diminution des accidents et du ralentissement de la circulation comporte des avantages relativement élevés dans le cas des projets du chemin Ellesmere et de la rue Burlington, avantages qui reflètent la circulation routière beaucoup plus dense à ces passages à niveau. Soulignons aussi que la diminution des retards causés aux trains est la plus avantageuse aux passages à niveau du chemin Bronte et du chemin Gardiners où il passe beaucoup de trains; les avantages sont au contraire nuls en ce qui concerne la rue Burlington, car la vitesse maximale des trains à ce passage à niveau est de 15 milles par heure, de sorte qu'une limite de vitesse de 25 milles par heure n'aurait aucun effet.

Le tableau indique la sensibilité des résultats au choix du taux d'actualisation. Comme c'est généralement le cas,

les avantages ont une valeur actualisée plus forte lorsqu'on choisit un taux d'actualisation moins élevé.

Le tableau révèle en plus la sensibilité des résultats de n'importe quel projet particulier au choix de la valeur "intermédiaire" ou "élevée" de la diminution du risque de pertes de vie et au choix de la valeur "faible" et "élevée" des économies de temps en dehors des périodes normales de travail. Lorsque la valeur d'une perte de vie est plus élevée, toutes autres choses étant égales, les avantages de la diminution des risques d'accidents sont plus importants et les autres avantages restent les mêmes. Lorsque la valeur des heures en dehors des périodes normales de travail est plus forte, toutes autres choses étant égales, les avantages de la diminution des retards causés aux véhicules routiers sont plus élevés et les autres avantages restent inchangés.

En dernier lieu, le tableau montre aussi la sensibilité des avantages des projets des chemins Shorncliffe et Bronte à la mise en service de trains de banlieue GO. Dans le cas du chemin Shorncliffe, où le service GO ne fonctionne que durant les heures de pointe, la mise en service de trains de banlieue GO n'augmenterait les avantages totaux actualisés de l'étagement de voies que de 3/4 %. Dans le cas du chemin Bronte, où les trains de banlieue GO sont très fréquents, les avantages totaux actualisés de l'étagement de voies augmenteraient de 9 %. Il est à noter que l'accroissement des valeurs des avantages d'un étagement de voies, lorsqu'il y a des trains de banlieue GO, permet d'évaluer la hausse des coûts des retards causés aux véhicules routiers et l'augmentation du nombre d'accidents occasionnés à chaque passage à niveau par la mise en service de trains de banlieue GO sur chaque itinéraire.

6.3.2 Types d'avantages

Examinons maintenant, pour chaque projet, le pourcentage des différents types d'avantages par rapport à l'ensemble des avantages. Pour ce faire, nous avons converti les résultats du tableau 6.1 en pourcentages; pour mieux mettre en évidence les données comparatives des différents projets, nous avons aussi présenté aux tableaux 6.2 à 6.9 les résultats de chacune des huit combinaisons de taux d'actualisation de la valeur des économies de temps et de la valeur d'une perte de vie.

Le tableau 6.2 montre que pour un taux d'actualisation de 5 %, une valeur "faible" du temps et une valeur "intermédiaire" de la diminution du risque de pertes de vie, les avantages de la diminution des retards causés aux véhicules routiers représentent de 81 à 94 % des avantages totaux des projets; les avantages de la diminution des accidents représentent de 4 à 14 % des avantages totaux; ceux de la diminution des retards causés aux trains représentent entre 0 et 6 % des avantages totaux, tandis que les diminutions des coûts d'entretien des passages à niveau représentent entre 1/2 et 4 1/2 % des avantages totaux.

Le tableau 6.4 montre que si nous adoptons une valeur "élevée" pour les avantages de la diminution du risque de pertes de vie, le pourcentage des avantages de la diminution des accidents par rapport aux avantages totaux augmente alors et se situe entre 7 et 23 %. Les avantages de la diminution du ralentissement de la circulation deviennent par conséquent moins importants et représentent entre 74 et 90 % des avantages totaux.

Le fait d'employer un taux d'actualisation plus élevé n'a pas tellement d'influence sur les pourcentages d'avantages car les projets procurent les avantages des différentes catégories au cours de leur vie utile. On peut le constater en comparant les données des tableaux 6.3 et 6.2 et celles des tableaux 6.5 et 6.4. Étant donné que les avantages de la diminution du ralentissement de la circulation sont plus sensibles à l'accroissement de la circulation que les avantages de la diminution des accidents, l'emploi d'un taux d'actualisation de 10 % plutôt que de 5 % a pour effet de réduire légèrement le pourcentage des avantages de la diminution du ralentissement de la circulation par rapport aux avantages totaux si l'on utilise des taux plus élevés pour actualiser les avantages futurs.

Comme le montrent les tableaux 6.6, 6.7, 6.8 et 6.9, le pourcentage des avantages de la diminution du ralentissement de la circulation est encore plus élevé lorsqu'on suppose une plus forte valeur pour les heures en dehors des périodes normales de travail.

La conclusion générale de la présente section est la suivante: quelles que soient nos hypothèses, les diminutions des retards causés aux véhicules constituent la part la plus importante des avantages des projets d'étagement de voies que nous avons examinés. Viennent ensuite, par ordre d'importance, les avantages de la diminution des accidents ainsi que la diminution des retards causés aux trains et des coûts d'entretien des passages à niveau dont les pourcentages sont relativement faibles.

La question de savoir si ces résultats sont représentatifs vient naturellement à l'esprit. On peut en particulier se demander si les avantages de la diminution des accidents peuvent jamais être supérieurs aux coûts de la diminution du ralentissement de la circulation. Cela pourrait se produire dans le cas d'un chemin de fer croisant une route à faible circulation, bien que les avantages généraux seraient alors probablement limités par rapport aux coûts de construction d'un étagement de voies. Par conséquent, la construction d'un étagement de voies peut être moins rentable que d'autres solutions, par exemple, l'amélioration des dispositifs de sécurité ou de la configuration d'un passage à niveau, qui peuvent être adoptées pour régler un problème qui est essentiellement une question de sécurité et non de ralentissement de la circulation.

Tableau 6.2

POURCENTAGES DE TOUS LES AVANTAGES ACTUALISÉS; TAUX D'ACTUALISATION DE 5 %, VALEUR "FAIBLE" DU TEMPS ET VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	12,8	81,5	1,3	4,3	100
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	12,9	81,6	1,5	4,2	100
Ch. Bronte, sans train GO	4,1	90,6	3,4	1,9	100
Ch. Bronte, avec trains GO	4,2	88,6	5,4	1,7	100
Ch. Gardiners	9,6	82,9	5,5	2,0	100
Ch. Ellesmere	14,0	85,2	0,2	0,6	100
Rue Burlington	5,6	94,0	0,0	0,4	100

Tableau 6.3

POURCENTAGES DE TOUS LES AVANTAGES ACTUALISÉS; TAUX D'ACTUALISATION DE 10 %, VALEUR "FAIBLE" DU TEMPS ET VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	13,5	80,2	1,8	4,5	100
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	13,9	80,0	1,7	4,3	100
Ch. Bronte, sans train GO	4,8	89,8	3,4	1,9	100
Ch. Bronte, avec trains GO	4,8	87,6	5,8	1,8	100
Ch. Gardiners	10,6	81,6	5,6	2,1	100
Ch. Ellesmere	15,6	83,6	0,2	0,6	100
Rue Burlington	6,4	93,2	0,0	0,4	100

Tableau 6.4

POURCENTAGES DE TOUS LES AVANTAGES ACTUALISÉS; TAUX D'ACTUALISATION DE 5 %, VALEUR "FAIBLE" DU TEMPS ET VALEUR "ÉLEVÉE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	20,6	74,3	1,2	3,9	100
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	20,6	74,3	1,4	3,8	100
Ch. Bronte, sans train GO	6,9	88,0	3,3	1,9	100
Ch. Bronte, avec trains GO	7,0	86,0	5,4	1,7	100
Ch. Gardiners	15,4	77,6	5,1	1,9	100
Ch. Ellesmere	22,9	76,5	0,1	0,5	100
Rue Burlington	9,6	90,1	0,0	0,4	100

Tableau 6.5

POURCENTAGES DE TOUS LES AVANTAGES ACTUALISÉS; TAUX D'ACTUALISATION DE 10 %, VALEUR "FAIBLE" DU TEMPS ET VALEUR "ÉLEVÉE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	22,2	72,4	1,2	4,2	100
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	22,1	72,5	1,4	4,1	100
Ch. Bronte, sans train GO	8,2	86,4	3,4	2,1	100
Ch. Bronte, avec trains GO	8,0	84,5	5,7	1,9	100
Ch. Gardiners	17,2	75,6	5,1	2,0	100
Ch. Ellesmere	25,1	74,2	0,2	0,6	100
Rue Burlington	10,7	88,9	0,0	0,4	100

Tableau 6.6

POURCENTAGES DE TOUS LES AVANTAGES ACTUALISÉS; TAUX D'ACTUALISATION DE 5 %, VALEUR "ÉLEVÉE" DU TEMPS ET VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				Total des avantages (en %)
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	
Ch. Shorncliffe, sans train GO	12,0	82,8	1,3	4,0	100
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	12,0	82,8	1,4	3,9	100
Ch. Bronte, sans train GO	3,9	91,2	3,2	1,8	100
Ch. Bronte, avec trains GO	4,0	89,3	5,1	1,6	100
Ch. Gardiners	9,0	84,0	5,1	1,9	100
Ch. Ellesmere	13,5	85,8	0,2	0,6	100
Rue Burlington	5,3	94,3	0,0	0,4	100

Tableau 6.7

POURCENTAGES DE TOUS LES AVANTAGES ACTUALISÉS; TAUX D'ACTUALISATION DE 10 %, VALEUR "ÉLEVÉE" DU TEMPS ET VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				Total des avantages (en %)
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	
Ch. Shorncliffe, sans train GO	12,6	81,5	1,7	4,2	100
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	13,0	81,3	1,6	4,1	100
Ch. Bronte, sans train GO	4,6	90,4	3,2	1,8	100
Ch. Bronte, avec trains GO	4,6	88,4	5,4	1,7	100
Ch. Gardiners	9,9	83,0	5,3	1,9	100
Ch. Ellesmere	14,9	84,2	0,2	0,7	100
Rue Burlington	6,1	93,5	0,0	0,4	100

Tableau 6.8

POURCENTAGES DE TOUS LES AVANTAGES ACTUALISÉS; TAUX D'ACTUALISATION DE 5 %, VALEUR "ÉLEVÉE" DU TEMPS ET VALEUR "ÉLEVÉE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				Total des avantages (en %)
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	
Ch. Shorncliffe, sans train GO	19,3	75,9	1,2	3,7	100
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	19,3	75,9	1,3	3,5	100
Ch. Bronte, sans train GO	6,5	88,7	3,1	1,7	100
Ch. Bronte, avec trains GO	6,6	86,9	4,9	1,6	100
Ch. Gardiners	14,5	79,0	4,8	1,8	100
Ch. Ellesmere	22,1	77,3	0,1	0,5	100
Rue Burlington	9,1	90,5	0,0	0,3	100

Tableau 6.9

POURCENTAGES DE TOUS LES AVANTAGES ACTUALISÉS; TAUX D'ACTUALISATION DE 10 %, VALEUR "ÉLEVÉE" DU TEMPS ET VALEUR "ÉLEVÉE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				Total des avantages (en %)
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	
Ch. Shorncliffe, sans train GO	20,6	74,1	1,5	3,8	100
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	20,7	74,1	1,5	3,7	100
Ch. Bronte, sans train GO	7,9	87,2	3,1	1,7	100
Ch. Bronte, avec trains GO	7,6	85,5	5,2	1,6	100
Ch. Gardiners	16,2	77,1	4,9	1,8	100
Ch. Ellesmere	24,3	75,0	0,2	0,6	100
Rue Burlington	10,3	89,3	0,0	0,4	100

6.3.3 Types d'avantages en tant que pourcentages des coûts totaux de construction

La répartition des coûts consiste à répartir les coûts totaux de construction (plutôt que les avantages totaux) entre les différentes parties concernées. Nous examinons donc dans la présente section les pourcentages des différents types d'avantages par rapport aux coûts totaux de construction de chaque projet. Comme pour la section précédente, nous avons présenté les résultats dans huit tableaux (tableaux 6.10 à 6.17) pour indiquer la sensibilité des résultats aux différentes hypothèses.

Il est à noter que les pourcentages sont ici sensibles au choix du taux d'actualisation, car le fait d'utiliser un taux d'actualisation plus élevé diminue la valeur actualisée des avantages de chaque projet par rapport à leurs coûts de construction.

Il importe aussi de signaler que la dernière colonne de chaque tableau indique le rapport habituel coûts-avantages de chaque projet, exprimé ici sous forme de pourcentage plutôt que de fraction. Comme nous l'avons noté à la section 6.3.1, pour toutes les combinaisons d'hypothèses, le rapport coûts-avantages pour le projet de la rue Burlington est supérieur à l'unité tandis qu'il est inférieur pour les projets du chemin Shorncliffe et du chemin Bronte. Pour les projets Gardiners et Ellesmere, une réduction du taux d'actualisation de 10 % à 5 % rendra supérieur à l'unité un rapport coûts-avantages qui ne l'était pas. C'est ce rapport qui permet de déterminer l'utilité générale d'un projet quelconque.

On peut se servir de ces rapports coûts-avantages pour évaluer la part des coûts totaux que doit assumer chaque partie lorsqu'on applique différents principes de répartition des coûts. C'est ce que nous ferons dans les sections suivantes.

Tableau 6.10

POURCENTAGES DES COÛTS TOTAUX DE CONSTRUCTION; TAUX D'ACTUALISATION DE 5 %, VALEUR "FAIBLE" DU TEMPS ET VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	4,7	29,9	0,5	1,6	36,7
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	4,9	30,9	0,6	1,6	38,0
Ch. Bronte, sans train GO	3,4	75,2	2,8	1,6	83,0
Ch. Bronte, avec trains GO	3,8	80,5	4,9	1,6	90,8
Ch. Gardiners	10,4	89,3	5,9	2,1	107,7
Ch. Ellesmere	15,6	94,9	0,2	0,7	111,4
Rue Burlington	14,6	244,3	0,0	1,0	259,8

Tableau 6.11

POURCENTAGES DES COÛTS TOTAUX DE CONSTRUCTION; TAUX D'ACTUALISATION DE 10 %, VALEUR "FAIBLE" DU TEMPS ET VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	2,7	15,7	0,3	0,9	19,7
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	2,8	16,3	0,3	0,9	20,3
Ch. Bronte, sans train GO	2,1	38,5	1,5	0,9	43,0
Ch. Bronte, avec trains GO	2,3	41,1	2,8	0,9	47,0
Ch. Gardiners	6,1	46,2	3,1	1,2	56,6
Ch. Ellesmere	9,1	49,1	0,1	0,4	58,7
Rue Burlington	8,7	127,9	0,0	0,6	137,2

Tableau 6.12

POURCENTAGES DES COÛTS TOTAUX DE CONSTRUCTION; TAUX D'ACTUALISATION DE 5 %, VALEUR "FAIBLE" DU TEMPS ET VALEUR "ÉLEVÉE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	8,3	29,9	0,5	1,6	40,2
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	8,6	30,9	0,6	1,6	41,7
Ch. Bronte, sans train GO	5,9	75,2	2,8	1,6	85,5
Ch. Bronte, avec trains GO	6,6	80,5	4,9	1,6	93,6
Ch. Gardiners	17,7	89,3	5,9	2,1	115,0
Ch. Ellesmere	28,4	94,9	0,2	0,7	124,2
Rue Burlington	25,9	244,3	0,0	1,0	271,2

Tableau 6.13

POURCENTAGES DES COÛTS TOTAUX DE CONSTRUCTION; TAUX D'ACTUALISATION DE 10 %, VALEUR "FAIBLE" DU TEMPS ET VALEUR "ÉLEVÉE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	4,8	15,7	0,3	0,9	21,8
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	5,0	16,3	0,3	0,9	22,4
Ch. Bronte, sans train GO	3,7	38,5	1,5	0,9	44,6
Ch. Bronte, avec trains GO	3,9	41,1	2,8	0,9	48,6
Ch. Gardiners	10,5	46,2	3,1	1,2	61,1
Ch. Ellesmere	16,6	43,1	0,1	0,4	66,1
Rue Burlington	15,5	127,9	0,0	0,6	143,9

Tableau 6.14

POURCENTAGES DES COÛTS TOTAUX DE CONSTRUCTION; TAUX D'ACTUALISATION DE 5 %, VALEUR "ÉLEVÉE" DU TEMPS ET VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	4,7	32,6	0,5	1,6	39,3
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	4,9	33,7	0,6	1,6	40,8
Ch. Bronte, sans train GO	3,4	80,5	2,8	1,6	88,3
Ch. Bronte, avec trains GO	3,8	86,5	4,9	1,6	96,8
Ch. Gardiners	10,4	96,6	5,9	2,1	115,0
Ch. Ellesmere	15,6	99,5	0,2	0,7	115,9
Rue Burlington	14,6	257,3	0,0	1,0	272,8

Tableau 6.15

POURCENTAGES DES COÛTS TOTAUX DE CONSTRUCTION; TAUX D'ACTUALISATION DE 10 %, VALEUR "ÉLEVÉE" DU TEMPS ET VALEUR "INTERMÉDIAIRE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	2,7	17,1	0,3	0,9	21,0
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	2,8	17,6	0,3	0,9	21,7
Ch. Bronte, sans train GO	2,1	41,1	1,5	0,9	45,4
Ch. Bronte, avec trains GO	2,3	44,2	2,7	0,8	50,0
Ch. Gardiners	6,1	50,1	3,1	1,2	60,4
Ch. Ellesmere	9,1	51,5	0,1	0,4	61,1
Rue Burlington	8,7	134,8	0,0	0,6	144,1

Tableau 6.16

POURCENTAGES DES COÛTS TOTAUX DE CONSTRUCTION; TAUX D'ACTUALISATION DE 5 %, VALEUR "ÉLEVÉE" DU TEMPS ET VALEUR "ÉLEVÉE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	8,3	32,6	0,5	1,6	42,9
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	8,6	33,7	0,6	1,6	44,5
Ch. Bronte, sans train GO	5,9	80,5	2,8	1,6	90,8
Ch. Bronte, avec trains GO	6,6	86,5	4,9	1,6	99,5
Ch. Gardiners	17,7	96,6	5,9	2,1	122,4
Ch. Ellesmere	28,4	99,5	0,2	0,7	128,7
Rue Burlington	26,2	257,0	0,0	1,0	284,2

Tableau 6.17

POURCENTAGES DES COÛTS TOTAUX DE CONSTRUCTION; TAUX D'ACTUALISATION DE 10 %, VALEUR "ÉLEVÉE" DU TEMPS ET VALEUR "ÉLEVÉE" DE LA DIMINUTION DU RISQUE DE PERTES DE VIE

Projet	Type d'avantage (en %)				
	Diminution des coûts des accidents	Diminution des retards causés aux véhicules routiers	Diminution des retards causés aux trains	Diminution des coûts d'entretien des passages à niveau	Total des avantages (en %)
Ch. Shorncliffe, sans train GO	4,8	17,1	0,3	0,9	23,1
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	5,0	17,6	0,3	0,9	23,8
Ch. Bronte, sans train GO	3,7	41,1	1,5	0,9	47,1
Ch. Bronte, avec trains GO	3,9	44,2	2,8	0,9	51,7
Ch. Gardiners	10,5	50,1	3,1	1,2	65,0
Ch. Ellesmere	16,7	51,5	0,1	0,4	68,7
Rue Burlington	15,5	134,8	0,0	0,6	150,9

6.4 Implications du choix de l'un ou l'autre principe de répartition des coûts

6.4.1 Répartition des coûts selon le principe des avantages. Qui retire les avantages?

Nous avons examiné dans la section précédente les différents avantages des projets d'étagement de voies. Nous allons maintenant tenter de déterminer qui retire ces avantages. Cela nous permettra ensuite d'appliquer le principe des avantages pour répartir les coûts de construction entre les bénéficiaires.

Lorsque les avantages totaux d'un projet sont supérieurs aux coûts totaux de construction, le principe des avantages semble donner à penser que la répartition des coûts de construction entre les parties concernées devrait être proportionnelle aux avantages dont celles-ci bénéficient. Le rapport de la contribution de chaque partie devrait donc être égal à sa part d'avantages par rapport aux avantages totaux. Le calcul pose toutefois un problème lorsque les avantages totaux sont inférieurs aux coûts de construction, car la contribution maximale ne devrait pas dépasser le montant des avantages reçus. En pareil cas, nous répartissons donc les coûts de construction entre les parties selon le principe des avantages obtenus. Le rapport de la contribution de chaque partie correspond alors à sa part d'avantages par rapport aux coûts de construction. Ainsi, une certaine partie des coûts de construction n'est assumée par aucune des deux parties.

La plupart des victimes des accidents à des passages à niveau sont des usagers de la route. Ce sont donc eux qui retirent le plus d'avantages de la diminution des accidents. Les dommages causés à la voie ferrée entraînent cependant des coûts pour la compagnie de chemin de fer*, de sorte que la diminution de ces coûts procure un avantage à la compagnie. Ces coûts représentent environ 7 1/2 % des coûts totaux des accidents à des passages à niveau si l'on utilise la valeur "intermédiaire" d'une perte de vie et environ 4 % si l'on emploie la valeur "élevée". Il arrive aussi que la compagnie de chemin de fer ait à payer d'autres coûts pour les accidents, mais nous n'en n'avons pas tenu compte de façon explicite à cause du manque de données; ces coûts comprennent les frais de nettoyage du lieu de l'accident, les coûts des retards durant ces opérations, les frais juridiques que comporte le règlement des demandes d'indemnité à la suite de ces accidents (moins la valeur nette des dommages-intérêts reçus en raison des sinistres) et les coûts des blessures des employés de chemin de fer que doit assumer la compagnie. Pour notre étude, nous avons supposé que le total de tous ces coûts est égal aux coûts des dommages matériels causés au chemin de fer.

---

* Voir pages 48 et 49.

La compagnie de chemin de fer bénéficie également d'une diminution des coûts des retards causés aux trains et de la moitié de la diminution des coûts d'entretien des passages à niveau. Nous avons ajouté ces avantages de la compagnie de chemin de fer dans nos différentes hypothèses et combiné les résultats au tableau 6.18 afin de montrer la part des coûts que devrait assumer la compagnie si l'on applique le principe des avantages. Le tableau indique aussi la répartition des coûts de la compagnie de chemin de fer qui est effectivement recommandée pour chacun de ces projets.

On peut considérer que l'administration routière retire tous les avantages de la diminution des retards causés aux véhicules routiers, en plus des autres avantages de la diminution des accidents, et profite de la moitié de la diminution des coûts d'entretien des passages à niveau. Le tableau 6.18 indique la répartition des coûts pour l'administration routière selon le principe des avantages ainsi que la répartition recommandée pour chaque projet dans le cas de l'administration routière.

Le tableau montre que si les coûts étaient répartis selon le principe des avantages, la part des coûts totaux que devrait payer l'administration routière serait beaucoup plus élevée que celle de la compagnie de chemin de fer. Le partage réel selon le principe des avantages varie d'un projet à l'autre mais, dans le cas des projets que nous avons examinés, la part que devrait payer l'administration routière devrait être de 10 à 92 fois plus élevée que celle de la compagnie de chemin de fer, selon le principe des avantages.

Toutefois, il faut aussi noter que même si le principe des avantages donne à penser que la compagnie de chemin de fer devrait assumer un faible pourcentage des coûts totaux, les parts ainsi suggérées sont en réalité plus élevées que les montants que les sociétés ferroviaires étaient censées fournir pour les projets examinés dans le présent chapitre. Cela est dû en grande partie au fait que le montant maximal de la contribution de la compagnie de chemin de fer est fixé à 62 500 $ en vertu de l'article 16 de la Loi sur le déplacement des lignes et sur les croisements de chemins de fer. L'utilité d'une telle limite n'est pas manifeste et nous proposons de la supprimer.

6.4.2 Répartition des coûts selon le principe de la responsabilité des coûts. Qui occasionne les dépenses?

Nous avons évalué jusqu'à présent les coûts des étagements de voies, mais il nous reste à déterminer à qui incombe la responsabilité, c'est-à-dire qui occasionne ces coûts. Comme nous allons le voir, cette question est plus difficile que celle de la répartition des avantages.

Tableau 6.18

RÉPARTITION DES COÛTS SELON LE PRINCIPE DES AVANTAGES

Projet	Contribution de la compagnie de chemin de fer (en %)		Contribution de l'administration routière (en %)	
	Selon le principe des avantages	Réelle*	Selon le principe des avantages	Réelle*
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	1,3 - 2,3	1,05	18,9 - 42,2	37,90
Ch. Bronte, avec trains GO	3,5 - 6,5	1,21	43,3 - 93,2	35,50
Ch. Gardiners	4,8 - 8,4	1,36	51,6 - 92,9	33,18
Ch. Ellesmere	2,0 - 3,2	0,79	56,6 - 97,4	43,43
Rue Burlington	1,1 - 1,5	1,16	98,5 - 98,9	48,84

* Contribution recommandée par le Comité des transports par chemin de fer de la CCT.

C'est le chemin de fer qui cause des retards aux véhicules routiers. S'il n'y avait pas de train, et donc pas de passage à niveau, les véhicules routiers ne seraient pas retardés. La compagnie de chemin de fer est, à ce point de vue, responsable des coûts de ces retards puisque, à cause des technologies respectives du transport ferroviaire et du transport routier, les trains ont priorité sur les véhicules routiers.

Dans le cas des accidents, il est plus difficile de répartir les coûts car les véhicules routiers et les trains entraînent des coûts de part et d'autre. La compagnie de chemin de fer peut être tenue responsable d'une bonne partie des coûts des accidents puisque les trains sont beaucoup plus volumineux, peuvent difficilement s'arrêter rapidement et peuvent donc causer des dommages considérables. Cependant, cette façon d'envisager la responsabilité des coûts est certainement exagérée. En réalité, les accidents qui surviennent à des passages à niveau sont le plus souvent causés par les usagers de la route, qui tentent parfois de devancer un train à un passage à niveau, ne voient pas un train qui approche ou font une autre manoeuvre qui provoque un accident. Dans d'autres cas, il peut être possible de déterminer la cause d'un accident, mais non d'en répartir la responsabilité.

Cela signifie que toute répartition des coûts des accidents selon le principe de la responsabilité des coûts est quelque peu arbitraire. De façon générale, nous considérons cependant que les usagers de la route s'occasionnent réciproquement les coûts des accidents. Ils occasionnent néanmoins certains coûts aux compagnies de chemin de fer (les coûts des dommages matériels aux voies ferrées et d'autres coûts pour la compagnie de chemin de fer dont il a été question dans la section précédente).

Suivant le principe de la responsabilité des coûts, nous répartissons les coûts en fonction des coûts occasionnés par chaque partie. Les compagnies de chemin de fer occasionnent donc aux usagers de la route ou à l'administration routière les coûts de retards et la moitié des coûts d'entretien des dispositifs de sécurité; les usagers de la route imposent à la compagnie de chemin de fer les coûts d'entretien des passages à niveau, des retards des trains et de certains accidents et s'imposent à eux-mêmes les autres coûts des accidents. Le tableau 6.19 montre les coûts de construction ainsi répartis pour les projets de notre échantillon. Ici, la compagnie de chemin de fer paierait un plus fort pourcentage des coûts totaux que l'administration routière, c'est-à-dire qu'il se produit le contraire de ce que nous avons constaté lorsqu'on applique le principe des avantages. Nous examinerons dans la section suivante les conséquences de ces résultats apparemment inconciliables.

Tableau 6.19

RÉPARTITION DES COÛTS SELON LE PRINCIPE DE LA RESPONSABILITÉ

Projet	Contribution de la compagnie de chemin de fer (en %)		Contribution de l'administration routière (en %)	
	Selon le principe de la responsabilité	Réelle*	Selon le principe de la responsabilité	Réelle*
Ch. Shorncliffe, avec trains GO	18,9 - 42,2	1,05	1,3 - 2,3	37,90
Ch. Bronte, avec trains GO	43,3 - 93,2	1,21	3,5 - 6,5	35,50
Ch. Gardiners	51,6 - 92,9	1,36	4,8 - 8,4	33,18
Ch. Ellesmere	56,6 - 97,4	0,79	2,0 - 3,2	43,43
Rue Burlington	98,5 - 98,9	1,16	1,1 - 1,5	48,84

* Contribution recommandée par le Comité des transports par chemin de fer de la CCT.

6.4.3 Principe qu'il convient d'appliquer

Nous avons constaté que, selon le principe des avantages, l'administration routière devrait payer la majeure partie des coûts des étagements de voies. Selon le principe de la responsabilité des coûts, ce serait au contraire la compagnie de chemin de fer qui devrait payer la majeure partie de ces coûts*. Cela est dû à l'interdépendance de la circulation ferroviaire et de la circulation routière et au fait que, comme nous l'avons indiqué au chapitre 2, les avantages des projets d'étagement de voies correspondent aux diminutions des coûts occasionnés par les passages à niveau. Les étagements de voies avantagent donc surtout les usagers de la route; par contre, c'est la présence de la voie ferrée qui entraîne ces coûts au départ**. Par conséquent, l'application du principe des avantages ne tiendrait absolument pas compte de l'origine de ces coûts et semblerait donc beaucoup favoriser les compagnies de chemin de fer. Ce serait tout à fait le cas puisqu'il n'est pas question de les obliger à payer quoi que ce soit pour les coûts des retards et les autres coûts occasionnés à des passages à niveau où l'on ne prévoit pas construire un étagement de voies.

Il s'ensuit que pour déterminer quel principe il convient d'utiliser, il faut nous demander s'il est souhaitable que les compagnies de chemin de fer aient le droit illimité aux passages à niveau d'imposer des coûts aux autres sans compensation aucune. Évidemment, elles semblent avoir en effet ce droit (sauf lorsqu'on leur interdit de passer à un niveau sur une route), mais la véritable question est de savoir si la population juge souhaitable qu'il en soit ainsi. Il y a sûrement d'excellents critères de rentabilité économique qui peuvent être invoqués pour faire valoir que non. Lorsqu'une partie impose des coûts à une autre sans avoir à offrir de compensation (situation désignée dans les études économiques comme étant les coûts externes ou secondaires), on propose comme solution d'imposer au responsable des coûts secondaires une taxe équivalant au coût externe marginal qu'occasionne aux autres l'activité du responsable. Cette taxe aurait pour effet de modifier le plus possible le comportement du responsable des coûts externes, de sorte que les avantages sociaux marginaux de son activité correspondent exactement aux coûts sociaux marginaux.

---

* Fait à noter cependant, nous avons constaté que selon les deux principes, la compagnie de chemin de fer devrait payer un plus gros montant qu'elle ne le fait actuellement dans bien des cas.

** L'ancienneté ne semble pas être particulièrement importante. La compagnie de chemin de fer occasionne les coûts, que la voie ferrée soit ou non plus ancienne que la route au passage à niveau.

Cette taxe serait appliquée, par exemple, dans le cas de l'embouteillage des rues des centres urbains, quand il est recommandé d'imposer une taxe d'encombrement de la circulation pour faire prendre conscience aux automobilistes des coûts que les embouteillages occasionnent aux autres et pour réduire le trafic jusqu'au point où les avantages marginaux correspondent aux coûts sociaux marginaux. Pour déterminer la taxe sur les coûts externes dans le cas des passages à niveau, il faudrait calculer les coûts additionnels pour les usagers de la route qu'entraîne l'utilisation d'un train supplémentaire et imposer à la compagnie de chemin de fer une taxe pour chaque train qui serait égale à ce coût externe marginal. Cela inciterait donc la compagnie à exploiter seulement les trains dont les avantages sont supérieurs à la somme des coûts d'exploitation supplémentaires pour la compagnie et des coûts additionnels des retards occasionnés aux usagers de la route à tous les passages à niveau où passent ces trains. Autrement dit, les trains ne seraient exploités que si les avantages sociaux (compte tenu des recettes de la compagnie de chemin de fer) surpassent les coûts sociaux (selon les coûts des particuliers attribuables au chemin de fer et les coûts externes des retards).

Nous avons examiné ces frais non pour laisser entendre qu'il pourrait être praticable de les imposer - ce ne le serait fort probablement pas - mais pour souligner qu'il y a d'excellentes raisons d'obliger les compagnies de chemin de fer à payer une partie des coûts qu'entraînent les passages à niveau. L'une des façons d'y parvenir serait d'augmenter leur contribution actuelle au paiement des coûts de construction des étagements de voies. Si un projet particulier est justifié, c'est-à-dire si les avantages totaux de l'étagement de voies sont supérieurs aux coûts totaux, les ressources seraient donc non seulement mieux réparties, mais il serait également raisonnable, par souci d'équité (ou pour des raisons de répartition selon les termes des économistes), que la compagnie de chemin de fer assume une plus grande part des coûts de construction des étagements de voies qu'elle ne le fait actuellement; cette part serait proportionnelle aux coûts occasionnés aux autres par son activité au passage à niveau.

Le tableau 6.19 montre que cette part varie d'un projet à l'autre; il n'y a donc pas de rapport unique entre la contribution de l'administration routière et celle de la compagnie de chemin de fer qui pourrait être appliqué à tous les projets. Il existe donc d'autres approches:

a) Effectuer une analyse coûts-avantages pour chaque projet en analysant chaque cas individuellement et répartir les coûts en fonction de la responsabilité des coûts come nous l'avons expliqué précédemment dans ce chapitre.

b) Examiner un plus grand échantillon de projets et, à partir de cet échantillon, calculer le rapport

moyen entre la contribution de la compagnie de chemin de fer et celle de l'administration routière, rapport que l'on appliquerait par la suite à la répartition des coûts de tous les projets.

c) Se servir des résultats et des conclusions du présent chapitre pour justifier l'augmentation de la contribution des compagnies de chemin de fer qui, bien qu'elle soit quelque peu arbitraire, reflétait beaucoup mieux qu'actuellement la responsabilité des compagnies de chemin de fer pour les coûts qu'elles imposent aux autres, surtout les coûts des retards.

La solution a) serait la meilleure à beaucoup d'égards, encore qu'elle pourrait être difficile à appliquer et à codifier dans une loi. La solution c) est peut-être beaucoup moins précise, mais elle indique clairement l'orientation que pourrait prendre la répartition des coûts par rapport à la situation actuelle.

Chapitre 7

RÉPARTITION DES COÛTS DE RECONSTRUCTION D'ÉTAGEMENTS DE VOIES

Dans ce chapitre, nous allons étudier la répartition des coûts de projets de reconstruction. Essentiellement, nous soutenons que la répartition des coûts de reconstruction devrait être faite selon les mêmes principes qui guident la répartition des coûts des constructions nouvelles. Il faudra donc distinguer les coûts pour la reconstruction de base des coûts additionnels pour la reconstruction d'étagements de voies qui augmentent la capacité d'une ou de plusieurs parties. On pourrait alors utiliser le principe des avantages ou celui de la responsabilité des coûts pour déterminer la façon de répartir les coûts.

Considérons le cas d'un passage supérieur déjà existant qui sert à faire passer une route à deux voies au-dessus d'un chemin de fer à deux voies. Supposons qu'il faille rénover l'ouvrage et qu'aucune augmentation de la capacité ne soit envisagée. Les avantages de la rénovation peuvent alors être perçus comme ce qu'il adviendrait si l'ouvrage n'était pas rénové. Si l'hypothèse la plus probable est de fermer le passage supérieur et de détourner la circulation vers un passage à niveau au même endroit, alors les avantages de la rénovation se mesurent aux coûts des retards et des accidents additionnels qu'aurait causé le passage à niveau s'il n'y avait pas eu de rénovation. Ces coûts pourraient être estimés à l'aide d'une analyse coûts-avantages de la même façon que nous avons estimé les avantages de projets de nouvelles constructions au chapitre 6. Si la solution de rechange la plus vraisemblable est de fermer le passage supérieur pour détourner la circulation routière vers des passages à niveau ou vers d'autres ponts situés à une certaine distance du passage supérieur, là encore une analyse coûts-avantages pourrait être menée, et les avantages de la reconstruction incluraient alors les coûts additionnels d'exploitation des véhicules au point de croisement le plus rapproché. Dans chaque cas, les avantages de la reconstruction peuvent être estimés et calculés afin d'être ensuite répartis selon le principe des avantages ou le principe de la responsabilité des coûts comme nous l'avons montré au chapitre 6. Comme dans les cas de projets de nouvelles constructions, il résulte de l'application du principe des avantages que l'administration routière devrait payer une plus grande proportion des coûts que la compagnie de chemin de fer. En revanche, l'application du principe de la responsabilité des coûts obligerait à attribuer une plus grande proportion des coûts à l'existence du chemin de fer qui crée la nécessité de reconstruire l'étagement de voies pour éviter les retards

qu'autrement le chemin de fer imposerait à la circulation routière.

Toutefois, nos recherches sur des projets de reconstruction tirés d'un échantillon de projets PATU montrent qu'il se fait très peu de projets de reconstruction de base comme ceux dont nous avons déjà parlé. Conséquemment, nous allons examiner en détail chacun des projets de reconstruction pour expliquer les problèmes qui surviennent dans la répartition des coûts lorsque la reconstruction comporte un accroissement de la capacité ou de la qualité de l'étagement de voies.

Passages supérieurs doubles au niveau de Milton sur la route 401; point milliaire 33.59, subdivision d'Halton du CN

Ce projet, qui doit être financé en vertu de l'article 20 de la Loi sur le déplacement des lignes et sur les croisements de chemins de fer, comporte la reconstruction d'un passage supérieur construit en 1957-1958 et qui fait passer la route principale 401 au-dessus d'un chemin de fer à deux voies (sur lequel circulaient en moyenne 38 convois par jour en 1979). L'objectif de la reconstruction n'était pas de rénover l'ouvrage original mais de faire passer la capacité de la route de quatre à six voies. De plus, l'entrée sur la 401 de camions lourds ayant de la difficulté, en gravissant la pente de 2,6 %, à accélérer pour s'intégrer au mouvement de la circulation posait des problèmes de sécurité; donc, l'élargissement de l'ouvrage avait aussi pour objectif d'allonger la voie d'accélération. On n'envisageait aucune augmentation dans la capacité du chemin de fer.

Il s'ensuit que c'est l'administration routière et non la compagnie de chemin de fer qui retire les avantages du projet. L'élargissement de la 401 sur le passage supérieur faisait partie d'un projet d'élargissement d'un plus long tronçon de la route. Les avantages d'un tel élargissement consistent en une diminution des frais d'exploitation par suite d'un moins grand encombrement des voies. On pourrait estimer ces avantages en comparant la courbe vitesse/volume des véhicules automobiles d'une route à quatre voies par rapport à celle d'une route à six voies et, en utilisant les données réelles et prévues du volume de la circulation routière, on pourrait estimer la vitesse moyenne du trafic routier comme une fonction de celui-ci dans le cas où l'on améliorerait l'ouvrage et dans le cas où il n'y aurait pas d'amélioration. On pourrait alors utiliser ces chiffres du trafic routier pour calculer les diminutions de frais d'exploitation rendues possibles par l'amélioration de l'ouvrage*. Il serait souhaitable d'estimer

* Si l'encombrement de la route à quatre voies se faisait trop grand, on pourrait alors détourner la circulation vers d'autres routes; il faudrait alors envisager l'encombrement que cela pourrait entraîner sur ces autres routes. Si tel était le cas,

les avantages de l'élargissement de toute la route (y compris l'élargissement du passage supérieur) puisqu'il serait insensé que le passage supérieur conserve quatre voies alors que la route aurait six voies avant et après le passage supérieur; les embouteillages que l'on risque de provoquer créeraient sûrement plus de problèmes qu'ils n'en résoudraient. Les avantages pour la voie d'accélération comprennent toutes les diminutions de frais d'exploitation occasionnées par les véhicules qui doivent ralentir à cause d'une circulation plus lente ainsi que les avantages d'une diminution des accidents. On pourrait calculer les avantages de la diminution des accidents en considérant le nombre d'accidents qui ont lieu sur le passage supérieur. (La demande de subventions précise que le taux d'accidents au niveau du passage supérieur est trois fois plus élevé que le taux d'accidents sur tout ce tronçon de la route 401.)

On a estimé le coût de la reconstruction à 325 000 $. Ce coût devra être réparti également entre l'administration routière et le gouvernement fédéral. Cela semble logique puisque la compagnie de chemin de fer ne reçoit aucun avantage ni n'est responsable d'aucun coût.

Avenue Seymour à Saanich; point milliaire 0.23 de l'embranchement de Saanich du CN

Avenue Vernon à Saanich; point milliaire 0.32 de l'embranchement de Saanich du CN

Il s'agit ici de deux projets de reconstruction, en vertu de l'article 20, de deux passages supérieurs situés à 1/10 de mille l'un de l'autre sur l'embranchement de Saanich du CN situé en banlieue de Victoria sur la ligne de l'île de Vancouver. Un des passages supérieurs n'était plus en usage depuis 1975. Ces deux projets de reconstruction faisaient partie d'un vaste projet d'amélioration de l'accès au centre-ville de Victoria à partir de la route transcanadienne et de la route 17. Dans ce vaste projet, les avenues Seymour et Vernon deviendraient des voies à sens unique afin de réduire l'encombrement qui existe, particulièrement à l'époque où il y a le plus d'estivants, sur les grandes routes de la région. Le coût global de reconstruction de ces deux passages supérieurs était estimé à 634 000 $.

Un à trois trains de marchandises lents passaient chaque semaine sur cette ligne. Si les routes croisaient la ligne à niveau, les coûts de retards qui pourraient être occasionnés seraient faibles; ils seraient essentiellement dus

---

l'estimation des avantages de l'élargissement de la route exigerait des modèles de prévision de la circulation afin d'estimer l'effet de l'élargissement de la 401 sur la diminution de la circulation sur les autres routes et, conséquemment, sur la diminution des coûts d'encombrement des autres routes.

à des retards causés par les véhicules qui doivent obligatoirement s'arrêter au croisement et par la circulation qui ralentit pour s'assurer que la voie est libre et pour éviter les cahots. La compagnie de chemin de fer serait relativement peu responsable des coûts occasionnés. Le fait est particulièrement significatif que le CN ait affirmé que les recettes provenant du trafic sur cette ligne étaient insuffisantes pour couvrir les coûts directs et qu'il ait déposé une demande d'abandon de la ligne. Dans ces circonstances, il ne serait plus nécessaire de reconstruire les passages supérieurs (encore qu'il faudrait prévoir des coûts pour la démolition et pour l'intégration des avenues Vernon et Seymour au projet de réaménagement routier). Toutefois, on a refusé en 1979 la permission d'abandonner la ligne.

Il semble que les principaux bénéficiaires des avantages du projet soient les usagers de la route et les parties qui, malgré la volonté manifeste de la compagnie de chemin de fer, veulent que la ligne subsiste. En conséquence, les coûts supplémentaires occasionnés par ceux qui veulent profiter des avantages pourraient être équitablement répartis entre les parties qui occasionnent les coûts et qui retirent les avantages. Néanmoins, le partage recommandé du coût total de 634 000 $ était le suivant: 317 000 $ (50 %), au gouvernement fédéral 254 500 $ (40,1 %) à l'administration routière et 62 500 $ (9,9 %) à la compagnie de chemin de fer.

Route Mohawk à Hamilton; point milliaire 5.18, subdivision de Hagerville du CN

Il s'agit ici d'un projet de reconstruction, en vertu de l'article 20, d'un pont ayant une voie et une limite de charge de cinq tonnes et servant à faire passer une route à deux voies. La circulation sur le pont était de 6 380 véhicules par jour en 1977, mais, comme le pont n'avait qu'une voie, il se produisait des retards, particulièrement aux heures de pointe. De plus, entre 1975 et 1977, on a enregistré 35 accidents, dont 11 étaient des collisions frontales. Une proposition a été faite en vue de reconstruire le passage supérieur à un coût relativement faible (110 000 $) afin que la circulation puisse se faire dans les deux sens.

Les avantages de la reconstruction seraient une diminution de l'encombrement et une baisse dans les coûts d'accidents de véhicules automobiles. La meilleure façon de mesurer ces avantages serait sans doute de faire une enquête qui mesurerait les retards réels sur le pont et d'utiliser l'information sur le nombre d'accidents antérieurs pour estimer les avantages d'une diminution des accidents que produirait l'élargissement du pont d'une à deux voies.

Tandis que les avantages d'un tel élargissement iraient aux usagers de la route, il semblerait que l'on soit en présence d'une situation où la capacité de l'étagement de voies est nettement insuffisante pour le trafic actuel. Nous avons

considéré que l'étagement de base comportait au moins deux voies et était nécessaire pour éviter les dépenses qu'il faudrait faire si la circulation routière devait croiser au niveau le chemin de fer. Selon le principe de la responsabilité des coûts, il serait donc logique d'exiger de la compagnie de chemin de fer qu'elle contribue à la reconstruction du fait qu'elle occasionnerait des coûts de retards aux usagers de la route s'il n'y avait pas d'étagement de voies de base.

En fait, il a été suggéré, conformément à l'article 20 de la Loi de 1974, que la participation du gouvernement fédéral soit de 50 %, celle de l'administration routière, de 37 1/2 % et celle de la compagnie de chemin de fer, de 12 1/2 %. (En échange de la participation de la compagnie de chemin de fer, l'administration routière devait se charger de l'entretien de l'étagement de voies.)

Passage inférieur à Saint-Raymond sur la route 365; point milliaire 33.87, subdivision de Saint-Raymond du CN

Il s'agit d'un projet de reconstruction, en vertu de l'article 20, d'un passage inférieur. L'ouvrage initial a été construit vers 1906 et reconstruit en 1929. La détérioration des culées et les dimensions horizontales et verticales restreintes qui rendaient dangereuse la circulation routière ont nécessité la reconstruction de l'ouvrage. Le trafic routier était de 5 000 véhicules par jour en 1979 et aucun accroissement de ce trafic n'était prévu. Le trafic ferroviaire était aussi peu important: il comprenait deux trains de passagers et de deux à quatre trains de marchandises par semaine.

Ce projet semble correspondre à la définition que nous avions donnée d'un projet de reconstruction de base, à savoir qu'il doit s'agir d'un projet qui n'augmente ni la capacité de la route ni celle du chemin de fer. Les avantages du projet seraient alors les coûts supplémentaires qui seraient occasionnés par l'existence d'un passage à niveau. On pourrait alors répartir les coûts de reconstruction entre l'administration routière et la compagnie de chemin de fer selon le principe de la responsabilité des coûts ou le principe des avantages.

Le partage suggéré du coût total de 1 138 500 $ était le suivant: gouvernement fédéral 50 %, administration routière 37 1/2 % et compagnie de chemin de fer 12 1/2 %.

Passage supérieur nord de l'avenue Strachan à Toronto; point milliaire 1.52, subdivision d'Oakville du CN

Il s'agit d'un projet, en vertu de l'article 16, de reconstruction d'un passage supérieur qui sert à faire passer une route au-dessus d'une ligne de chemin de fer à six voies. L'ouvrage a été construit en 1917; il devenait nécessaire de le reconstruire à cause de l'état de détérioration avancée du plancher du pont et de la corrosion des structures d'acier.

Cependant, l'administration routière a proposé d'accroître la capacité de la route en faisant passer la largeur de la route de 18 à 24 pieds dans les deux directions de façon à obtenir 4 voies de 12 pieds chacune. Le trafic routier était de 10 000 véhicules par jour en 1977 et l'on prévoyait 15 000 véhicules par jour une fois la reconstruction terminée.

La compagnie de chemin de fer a aussi proposé d'augmenter la capacité du chemin de fer de six à sept voies. D'après les experts de la ville de Toronto (dans ce cas-ci, il s'agissait des experts de l'administration routière), cette proposition aurait pour effet de faire passer le coût de reconstruction de 696 000 $ à 1 300 000 $*. La compagnie de chemin de fer a proposé de payer un maximum de 156 250 $ pour le projet, ce qui a été confirmé par l'ordonnance du Comité des transports par chemin de fer qui ratifiait le projet. En réalité, la compagnie de chemin de fer occasionnerait un coût supplémentaire de 604 000 $ en échange d'une contribution supplémentaire de 69 250 $.

Nous pouvons donc voir dans ce cas un exemple de situation où une des parties engagées dans un projet d'étagements de voies peut demander, à son avantage, une plus grande capacité et faire en sorte que l'autre partie assume une part du coût d'accroissement. Dans le cas de l'avenue Strachan, les deux parties (l'administration routière et la compagnie de chemin de fer) demandaient une augmentation de leur capacité, mais la demande de la compagnie de chemin de fer avait un effet plus grand sur l'administration routière que la demande de l'administration routière sur la compagnie de chemin de fer. Cela vient du fait qu'il coûte plus cher d'accroître la capacité du chemin de fer et qu'en principe, la compagnie de chemin de fer ne doit pas payer plus du quart de la différence, une fois établie la contribution fédérale, alors que l'administration routière doit payer au moins les trois quarts de la différence.

La solution à ce problème, proposée au chapitre 2, était que la partie qui demande d'augmenter sa capacité devrait payer les coûts d'accroissement, une fois établie la contribution fédérale (les coûts d'accroissement devant être répartis entre les parties de façon proportionnelle lorsque les deux parties réclament des capacités accrues). Dans le cas de l'avenue Strachan, la contribution fédérale étant de 50 % du coût total de 1 300 000 $, cela signifie que la compagnie de chemin de fer devrait payer 50 % des coûts d'accroissement de la capacité du chemin de fer (soit 302 000 $), plus une certaine part du montant qui reste à payer. L'administration routière devrait payer 50 % des coûts d'accroissement de la capacité de la route, plus une certaine part du montant qui reste à payer. Ces parts, une fois établie la proportion de ce que chaque

---

* Par la suite, cette estimation du coût total (1,3 million de dollars) a été révisée à la hausse.

partie doit payer des coûts d'accroissement de leur capacité respective, pourraient être déterminées selon le principe des avantages ou le principe de la responsabilité des coûts de la façon que nous avons expliquée pour les projets d'étagements de voies de base.

Chapitre 8

ENTRETIEN DES ÉTAGEMENTS DE VOIES

Jusqu'ici, il n'a pas été question des coûts d'entretien des étagements de voies (passages supérieurs et passages inférieurs). Ces coûts sont un facteur dans les décisions concernant les projets d'étagements de voies, quoique leur répartition entre l'administration routière et la compagnie de chemin de fer ait soulevé moins de discussions que la répartition des coûts de projets de construction. Un moyen de résoudre le problème serait de prévoir les coûts d'entretien durant la vie utile attribuée au projet, d'actualiser ces coûts et de les ajouter aux coûts de construction. Tous les coûts (c'est-à-dire les coûts de construction plus les coûts d'entretien) pourraient alors être partagés entre les parties. Cette manière de considérer de façon équivalente les coûts d'entretien et les coûts en capital empêcherait que des préventions qui ne seraient pas souhaitables ne jouent pour une forme de dépenses ou une autre et qu'une des parties n'ait à assumer les coûts d'entretien de l'ouvrage sans qu'il ne soit tenu compte de ce fardeau au moment du partage des coûts entre les parties.

Ce n'est pas l'approche qui a été adoptée dans ce rapport. Les coûts d'entretien varieront vraisemblablement selon l'étagement de voies. Nous ne disposons d'aucune estimation des coûts d'entretien pour les projets envisagés. Toutefois, on peut avoir une idée de l'importance des coûts d'entretien des étagements de voies en consultant un relevé des coûts d'entretien pour la ville de Toronto effectué par le Service technique de cette ville en 1979*. Ce relevé faisait état de toutes les dépenses d'entretien régulier et d'inspection de tous les ponts et passages inférieurs de Toronto pour la période de dix ans entre 1969 et 1978. Le programme d'entretien régulier comprenait les travaux suivants: inspections annuelles; réparation des structures de béton et colmatage des fissures; répartition des structures d'acier et peinture; réparation des garde-fous et peinture; nettoyage des murs des passages inférieurs et peinture; nettoyage et ajustement des plaques de support, des joints de dilatation et des égouts; réparation des trottoirs et des bordures de trottoir sur les ponts; ainsi que d'autres travaux spéciaux. Les données sur les coûts comprennent tous les coûts de ces travaux d'entretien et

---

* Commissaire des Travaux publics et Directeur du service technique, Progress Report no. 2 on the City of Toronto bridges and underpasses, 15 janvier 1979.

non pas seulement ceux assumés par la ville de Toronto. Si l'on exclut les installations piétonnières et celles qui ne sont pas reliées aux chemins de fer, on pouvait compter 17 passages supérieurs dont le coût d'entretien était en moyenne d'environ 2 600 $ par ouvrage aux prix de 1980 et 28 passages inférieurs aux coûts d'entretien annuels moyens de 3 150 $ aux prix de 1980.

Un grand nombre des étagements de voies dont il vient d'être question sont assez vieux*, de sorte que les coûts mentionnés ne reflètent pas nécessairement les coûts d'entretien des nouveaux ouvrages puisque les coûts d'entretien au début de la durée utile des ouvrages peuvent être relativement bas. Néanmoins, si on actualise sur 30 ans des coûts d'entretien d'environ 3 000 $ par année, le montant obtenu reste faible par comparaison au coût initial de construction. Par exemple, ces coûts d'entretien annuels, actualisés à un taux de 5 % ou 10 % sur la durée utile prévue d'un ouvrage, seraient égaux à environ 1 1/2 % du coût total actualisé de construction d'un ouvrage si les coûts d'immobilisation étaient de 2 000 000 $.

Comme le coût relativement moins cher d'entretien d'un ouvrage est relativement faible par rapport au coût de construction, nous pourrions, au lieu de répartir les coûts d'entretien de la même façon que les coûts de construction, tout simplement conserver la méthode actuelle. Cela signifie que pour les nouvelles constructions à des passages à niveau, l'administration routière, assume 100 % des frais d'entretien des passages supérieurs, tandis que la compagnie de chemin de fer sera entièrement responsable des coûts d'entretien de la structure et de la superstructure des passages inférieurs et l'administration routière, de tous les autres frais relatifs à l'entretien des passages inférieurs. On pourrait élargir le principe afin d'englober tous les projets de reconstruction, y compris ceux dans lesquels la compagnie de chemin de fer n'a pas contribué au coût de construction ou d'entretien de l'étagement de voies initial. (Dans ce cas, la compagnie de chemin de fer n'est pas, à l'heure actuelle, tenue de payer pour l'entretien des passages inférieurs.)

---

* L'âge moyen des ponts est de 36 ans et celui des passages inférieurs, de 48 ans.

Chapitre 9

CONCLUSIONS

Dans ce chapitre, nous allons tout simplement énumérer les principales conclusions de notre étude:

1) La répartition des coûts de construction d'étagements de voies procède de deux grands principes: le principe de la répartition selon les avantages et le principe de la répartition selon la responsabilité des coûts.

2) La répartition des coûts selon l'un ou l'autre principe est possible, aussi bien dans les cas de projets de base qui ne comprennent pas de gros changements de la capacité que dans les cas où l'on prévoit de fortes augmentations de la capacité et des hauteurs libres.

3) Dans le cas où l'on envisage d'augmenter considérablement la capacité et (ou) les hauteurs libres, beaucoup d'éléments donnent à penser qu'il conviendrait de faire payer à la partie qui demande que sa capacité soit accrue le montant total des coûts d'accroissement de la capacité une fois déterminée la contribution fédérale appropriée.

4) Si le principe de la répartition des coûts selon les avantages était appliqué, les compagnies de chemin de fer assumeraient une faible part des coûts des projets de base. Toutefois, cette part serait plus grande que celle qui est souvent établie à l'heure actuelle.

5) Si l'on applique le principe de la responsabilité des coûts, il existe de bons arguments démontrant que les compagnies de chemin de fer devraient assumer une partie sensiblement plus élevée des coûts de projets de base que ce qu'elles paient présentement. Bien que l'analyse coûts-avantages soit fonctionnelle, elle ne donne pas de formule simple pour la répartition des coûts; le partage pourrait se faire soit par l'analyse coûts-avantages en examinant chaque cas séparément, soit en utilisant les résultats d'un certain nombre de projets types pour déterminer quelle devrait être la contribution moyenne de l'administration routière et de la compagnie de chemin de fer pour tous les projets de base.

6) Les projets de reconstruction comportent souvent une amélioration importante de la capacité. Si tel est le cas, la partie qui bénéficie de l'augmentation de la capacité devrait payer les coûts d'accroissement une fois déduite la contribution fédérale.

7) Il peut être logiquement justifiable de tenir compte du fardeau des coûts d'entretien dans la répartition des coûts en capital. Toutefois, puisque le coût actualisé d'entretien d'un ouvrage est faible comparativement au coût de construction et que les méthodes actuelles de calcul des coûts d'entretien semblent donner satisfaction, il pourrait être sage (et plus simple) de conserver la méthode actuelle, eu égard à l'entretien des étagements de voies.

8) La méthode de répartition des coûts a une incidence sur la manière de prendre les décisions concernant l'exécution ou l'abandon des projets et sur la conception des projets. Il s'ensuit qu'il est souhaitable d'utiliser les mêmes méthodes d'évaluation pour déterminer s'ils valent la peine d'être exécutés, c'est-à-dire si le rapport coûts-avantages dépasse l'unité, et pour déterminer la meilleure façon de répartir les coûts. L'approche de l'analyse coûts-avantages offre précisément une méthode convenable.

RÉFÉRENCES

[1] Martin J. BAILEY, Reducing risks to life: measurement of the benefits, Washington, D.C., American Enterprise Institute for Public Policy Research, 1980.

[2] BANQUE DU CANADA, Revue de la Banque du Canada, avril 1981, p. 113.

[3] M.E. BEESLEY, "The value of time spent in travelling: some new evidence", Economica, vol. 32, mai 1965.

[4] Glenn BLOMQUIST, "Value of life saving: implications of consumption activity", Journal of Political Economy, vol. 87, juin 1979, p. 540-558.

[5] Glenn BLOMQUIST, "The value of human life: an empirical perspective", Economic Inquiry, vol. 19, janv. 1981, p. 157-164.

[6] COMMISSION CANADIENNE DES TRANSPORTS, Summary of the accidents-incidents reported to the CTC Year 1979, Ottawa, Direction de la sécurité et des services, Comité des transports par chemin de fer, 1981.

[7] CANALOG LOGISTICS LTD., Study to define the requirements for railway level crossing protection acceptable for train operations at speeds up to 200 km/h, rapport TP 1996, Montréal, Transports Canada, 1978.

[8] Paul J. CLAFFEY, Running costs of motor vehicles as affected by road design and traffic, National Co-operative Highway Research Program, Report III, Highway Research Board, 1971.

[9] Paul J. CLAFFEY, Passenger car fuel conservation, rapport n° FHWA PL 77009, Federal Highway Administration, Transportation Research Board, janv. 1977.

[10] Janet COLEMAN et Gerald R. STEWART, "Investigation of accident data for railroad-highway grade crossings", Transportation Research Record 611, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1976.

[11] R.F.F. DAWSON, Costs of road accidents in Great Britain, rapport n° LR79, Londres, Road Research Laboratory, 1967.

[12] Alan A. DILLINGHAM, "The injury risk structure of occupation and wages", thèse de PhD, New York, Cornell University, 1979.

[13] J.S. DODGSON, "Problems in using social cost-benefit analysis to determine the level and allocation of railway investment", Rail International, déc. 1978, p. 887-904.

[14] B.M. FAIGIN, 1975 societal costs of motor vehicle accidents, Washington, D.C., ministère des Transports des États-Unis, National Highway Traffic Safety Administration, 1976.

[15] E. FARR, Rail-highway crossing resource allocation model, rapport n° FRA-RRS-81-001, Cambridge (Mass.), ministère des Transports des États-Unis, Transportation Systems Center, avril 1981.

[16] E. FARR et Betty A. TUSTIN, "Optimizing resources at rail-highway crossings", ITE Journal, janv. 1982, p. 25-28.

[17] M. FRANKENA, Urban transportation economics, Butterworths, 1980.

[18] Ewald GAUDES, Economic analysis of road/rail grade separation projects, Direction du déplacement des voies ferrées et des croisements ferroviaires, Transports Canada, déc. 1981.

[19] Marc J.I. GAUDRY, "Dogit and logit models of travel mode choice in Montreal", Canadian Journal of Economics, vol. 13, mai 1980, p. 268-279.

[20] Raymond T. HALAGERA et Mark S. MILLER, Economic analysis of grade crossing improvements, Chicago Area Transportation Study, 1973.

[21] David A. HENSHER, "Review of studies leading to existing values of travel time", Transportation Research Record 587, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1976.

[22] G.P. JENKINS, "Discount rates for the economic appraisal of public sector expenditure", Canadian Public Policy, vol. 6, été 1980, p. 549-555.

[23] Robert A. LAVETTE, "Development and application of a railroad-highway accident-prediction equation", Transportation Research Record 628, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1977.

[24] J.J. LAWSON, "The costs of road accidents and their application to economic evaluation of safety programmes", conférence annuelle de l'Association des routes et transports du Canada, 1978, p. B59-B87.

[25] W.A. MCLAUGHLIN, Evaluating highway-railway grade crossing treatments, Saskatchewan Department of Highways, 1962.

[26] Peter MENGERT, Rail-highway crossing hazard prediction research results, rapport n° FRA-RRS-80-02, Cambridge (Mass.), ministère des Transports des États-Unis, Transportation Systems Center, mars 1980.

[27] E.J. MISHAN, "Evaluation of life and limb; a theoretical approach", Journal of Political Economy, vol. 79, juil.-août 1971.

[28] Albert E. MOON, "Description and application of a comprehensive planning procedure for urban railroad relocation", Transportation Research Record 562, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1976.

[29] L. NEEDLEMAN, "The valuation of changes in the risk of death by those at risk", Manchester School, sept. 1980, p. 229-254.

[30] ONTARIO, ministère des Transports et des Communications, Priority Development Branch, Road user benefit calculation package, manual, vol. I et II, Downsview, 1976.

[31] Chung Lam POON, Urban railway relocation; an economic evaluation, thèse de PhD, London (Ont.), Western Ontario University, 1976.

[32] D.A. QUARMBY, "Choice of travel mode for the journey to work; some findings", Journal of Transport Economics and Policy, vol. 1, sept. 1967.

[33] Guillermo RUAN, Road/rail grade separation project evaluation methodology development and application, Direction du déplacement des voies ferrées et des croisements ferroviaires, Transports Canada, juin 1981.

[34] Michael A. SARGIOUS et Christopher K. BEE, "An evaluation of urban transportation systems using behavioural models and consumer surplus", Logistics and Transportation Review, vol. 16, n° 2, 1980, p. 129-149.

[35] D.W. SCHOPPERT et D.W. HOYT, Factors influencing safety at highway-rail grade crossings, rapport n° 50, National Co-operative Highway Research Program, 1968.

[36] William R. SCHULTE, "Effectiveness of automatic warning devices in reducing accidents at grade crossings", Transportation Research Record 611, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1976.

[37] Robert S. SMITH, "The feasibility of an 'injury tax' approach to occupational safety", Law and Contemporary Problems, vol. 38, été-automne 1978, p. 730.

[38] STATISTIQUE CANADA, Mesures globales de productivité, n° de cat. 14-201, annuel, 1979, tableau 1.

[39] STATISTIQUE CANADA, Statistiques des prix de la construction, n° de cat. 62-007, mensuel, mars 1981, tableau 17.

[40] STATISTIQUE CANADA, Prix à la consommation et indices des prix, n° de cat. 62-010, trimestriel, oct.-déc. 1980.

[41] STATISTIQUE CANADA, Rémunération des salariés au Canada, 1978. Ensemble des industries, n° de cat. 72-619, annuel, 1978.

[42] STATISTIQUE CANADA, Emploi, gains et durée du travail, n° de cat. 72-002, mensuel.

[43] STATISTIQUE CANADA, Accidents de la circulation routière, n° de cat. 53-206, annuel, dernier numéro, 1976.

[44] STATISTIQUE CANADA, Comptes nationaux des revenus et des dépenses. Système de comptabilité nationale, n° de cat. 13-001, trimestriel, tableau 21.

[45] M.T. SUMNER, "Benefit-cost analysis in Canadian practice", Canadian Public Policy, vol. 6, printemps 1980, p. 389-393.

[46] M.T. SUMNER, "Comments on the public sector discount rate: response to Jenkins", Canadian Public Policy, vol. 6, automne 1980, p. 648-650.

[47] Richard THALER et Sherwin ROSER, "The value of saving a life", in Nestor E. Terleckyj, éd., Household production and consumption, New York, National Bureau of Economic Research, 1976.

[48] CONSEIL DU TRÉSOR, Direction de la planification, Benefit-cost analysis guide, Ottawa, Information Canada, 1976.

[49] Betty H. TUSTIN, Investigation of anomalous rail-highway crossings, Washington, D.C., ministère des Transports des États-Unis, Federal Railroad Administration, Office of Safety, janv. 1981.

[50] Joseph E. ULLMAN, Costs of owning and operating automobiles and vans 1979, ministère des Transports des États-Unis, Federal Highway Administration, Office of Highway Planning, Highway Statistics Division, 1980.

[51] ROYAUME-UNI, ministère des Transports, Level crossing protection, Londres, Her Majesty's Stationery Office, 1978.

[52] ROYAUME-UNI, ministère des Transports, Road Accident Costs 1979, 1980, Londres, Highway Economics Note No. 1, 1981, et Supplementary Note, avril 1981.

[53] ÉTATS-UNIS, ministère du Commerce, Bureau of Economic Analysis, Survey of current business, tableau 19, "Implicit price deflators for Gross National Product".

[54] ÉTATS-UNIS, ministère des Transports, Federal Railroad Administration, Office of Safety, Accident/incident bulletin, Washington, D.C., n° 144, année civile 1975, au n° 148, année civile 1979.

[55] ÉTATS-UNIS, ministère des Transports, Federal Railroad Administration, Office of Safety, Rail-highway crossing accident/incident and inventory bulletin, Washington, D.C., n° 1, année civile 1978, et n° 2, année civile 1979.

[56] G. VAN BELLE, D. MEETER et W. FARR, "Influencing factors for railroad-highway crossing accidents in Florida", Accident Analysis and Prevention, vol. 7, 1975, p. 103-112.

[57] W. Kip VISCUSI, "Labour market valuations of life and limb; empirical evidence and policy implications", Public Policy, vol. 26, été 1978, p. 359-386.

[58] G.J.S. WILDE, L.J. LAKE et M.B. MCCARTHY, An observational study of driver behaviour at signalized railroad crossings, rapport n° 75-16, Kingston (Ont.), Canadian Institute of Guided Ground Transport.

APPENDICES

Appendice A

MANDAT,
COMMISSION CANADIENNE DES TRANSPORTS ET JOHN DODGSON:
ÉTUDE DE LA RÉPARTITION DES COÛTS

En vertu de la Loi sur les chemins de fer et de la Loi sur le déplacement des lignes et sur les croisements de chemins de fer, le Comité des transports par chemin de fer contrôle la construction et la reconstruction des étagements de voies de même que la répartition des coûts entre l'administration routière et la compagnie de chemin de fer. La formule acceptée pour cette répartition des coûts est définie dans l'Ordonnance générale n° E-5, qui n'a pas été révisée depuis 1965.

La complexité et les coûts croissants des étagements de voies pendant les dernières années de même que la réduction des subventions fédérales ont rendu très difficile l'utilisation des formules actuelles de répartition des coûts.

La Direction des normes et du perfectionnement a engagé de sérieuses négociations avec les dix provinces et les compagnies de chemin de fer afin de résoudre ce problème. Les compagnies de chemin de fer et les provinces vont bientôt prendre position et soumettre leurs vues à la Direction. Celle-ci doit être prête à négocier un consensus ou à offrir des solutions acceptables.

Pour cela, la Direction doit effectuer beaucoup de recherches sur les projets d'étagements de voies des 25 dernières années, sur les audiences et les décisions du Comité et de l'ancienne Commission des transports du Canada concernant la répartition des coûts. Ces recherches traiteront aussi de certains aspects de la construction d'étagements de voies, par exemple, les hauteurs libres et les butoirs de déviation.

L'étude de la répartition des coûts comprend une analyse des conséquences financières des différentes propositions des provinces et des compagnies de chemin de fer sur les provinces, les compagnies de chemin de fer et la population, de même qu'une analyse des possibilité qui se dégageront de la recherche générale. La tâche du consultant est d'évaluer les conséquences des différentes solutions à l'aide de différentes techniques d'analyse dont l'analyse coûts-avantages. Il peut aussi devoir évaluer ces conséquences pour d'autres études connexes dans le contexte de l'étude générale de la répartition des coûts.

La recherche générale a déjà commencé et l'analyse coûts-avantages devrait s'amorcer le 15 mai. On prévoit trois mois pour accomplir ce travail et produire un rapport.

Appendice B

Direction des normes et du perfectionnement
du Comité des transports par chemin de fer:

PROGRAMME D'AIDE AU TRANSPORT URBAIN (PATU),
ORDONNANCES DE LA COMMISSION CANADIENNE DES TRANSPORTS
JUSQU'AU 30 DÉCEMBRE 1980

Route ou autoroute	Chemin de fer	Ordonnance	Date
	ONTARIO		
Chemin Kingston, rec., p.s.	CN	R-27255	21 juil. 1978
Av. Nelson, piét., p.s.	CP	R-27289	28 juil. 1978
Av. Pape, piét., p.s.	CN	R-27290	28 juil. 1978
Chemin Runnymede, rec., p.i.	CP	R-27291	28 juil. 1978
Rue Main, rec., p.s.	CN	R-27292	28 juil. 1978
Chemin Industrial Access, p.s.	CP	R-27295	31 juil. 1978
Promenade Erin Mills, p.s.	CP	R-27297	31 juil. 1978
Aut. 90 MacTier, p.s.	CP	R-27315	3 août 1978
Aut. 11, rec., p.s. jumelé 145.08-145.11, Huntsville	CN	R-27316	3 août 1978
Aut. 11, p.s. additionnel, 147.41, Huntsville	CN	R-27317	3 août 1978
Chemin de l'aéroport, Huntsville, p.s.	CN	R-27330	3 août 1978
Rue Sidney, rec., p.i.	CP	R-27345	14 août 1978
Aut. 11, York, p.i., p.s. élargi	CN	R-27346	14 août 1978
R.r. 23, p.i.	CP	R-27544	6 sept. 1978
Rue Osler, piét., p.s.	CP	R-27903	6 nov. 1978
Chemin Red River (anciennement rue Arthur), piét., p.s.	CN-CP	R-27939	15 nov. 1978
Chemin Fischer, p.s.	CN	R-27994	27 nov. 1978
Chemin Imperial, p.i.	CN	R-28044	12 déc. 1978
Chemin Cannifton, p.i.	CN	R-28046	7 déc. 1978
Chemin McConnell, p.s.	CN	R-28057	12 déc. 1978
Rue Centre, p.i.	CN-CP	R-28181	9 janv. 1979

Remarque: rec. signifie reconstruction; p.s., passage supérieur; piét., piétonnier, ière; p.i., passage inférieur; r.r., route rurale; aut., autoroute; et p.m., point milliaire.

Route ou autoroute	Chemin de fer	Ordonnance	Date
	ONTARIO (suite)		
Rue Wyandotte, rec., p.s.	CP	R-28381	13 fév. 1979
Chemin Bronte, p.i.	CN	R-28478	12 mars 1979
Voie Appleby, p.i.	CN	R-29056	29 mai 1979
Av. Finch, rec., p.s.	CN	R-29405	6 août 1979
Av. Lawrence Est, p.s.	CN	R-29517	27 août 1979
Chemin Mohawk, rec., p.s.	CN	R-29541	31 août 1979
Rue Colborne, rec., p.s.	CP	R-29684	1er oct. 1979
Av. Lake, rec., p.i.	CN	R-29759	15 oct. 1979
Av. McLeod-Stanley, r.r. 49, p.i.	Conrail	R-30267	18 janv. 1980
Chemin Burnhamthorpe, p.i.	CP	R-30434	25 fév. 1980
Route de comté 38, rec., p.s.	CN	R-30785	30 avril 1980
Promenade Riverside, p.i.	CN	R-31123	8 juil. 1980
Shorncliffe, p.i.	CP	R-31490	7 oct. 1980
Chemin Gardiners, p.i.	CN	R-31508	10 oct. 1980
Chemin Montgomery, p.i.	CP	R-31513	16 oct. 1980
R.r. 40, Bloomington, p.i.	CN	R-31534	22 oct. 1980
R.r. 14, p.i.	CN	R-31557	5 nov. 1980
Av. Ellesmere, p.s.	CN	R-31627	26 nov. 1980
Chemin Grays, p.s.	CN	R-31670	3 déc. 1980
Av. Strachan, rec., p.s.	CN/TTR	R-31460	23 sept. 1980
Aut. 404, p.s. jumelé	CN	R-31691	10 déc. 1980
Promenade Ormont, p.i.	CP	R-31045	20 juin 1980
Chemin Kennedy, p.s.	CN	R-31731	29 déc. 1980
Av. Fairview, p.s. Burlington	CN	R-31775	16 janv. 1981
Aut. 401, p.s.	CN	R-31681	9 déc. 1980
	QUÉBEC		
Route 132, p.s.	CN	R-27582	13 sept. 1978
Grand Boulevard, piét., p.s.	CP	R-27584	13 sept. 1978
Routes 116 et 134, rec., p.s.	CN	R-31266	1er août 1980
Boul. Champlain, p.s.	CN	R-27600	19 sept. 1978
Route 132, rec., p.i.	CN	R-27601	19 sept. 1978
Rue Galt, rec., p.s.	CN	R-27801	23 oct. 1978
Route 167, p.i.	CN	R-28127	22 déc. 1978
Route 253, p.s.	CP	R-28264	29 janv. 1979
Piét., p.s., Drummondville	CN	R-28316	1er fév. 1979
Route 53, St-Malachie, rec., p.i.	CN	R-28474	8 mars 1979
Aut. 55, p.s.	CN	R-29585	12 sept. 1979
Aut. 365, rec., p.i. (p.i. de la rue St-Jacques)	CN	R-31150	9 juil. 1980

Route ou autoroute	Chemin de fer	Ordonnance	Date
NOUVEAU-BRUNSWICK			
Déviation Newcastle, p.i.	CN	R-27811	24 oct. 1978
Chemin Beresford, p.s.	CN	R-27812	24 oct. 1978
MANITOBA			
Aut. 12, p.s., St. Anne	CN	WDR-00003	24 oct. 1980
SASKATCHEWAN			
9e Av., S.-O., p.s., Moose Jaw, p.m. 1.02, Swift Current	CP	R-27890	3 nov. 1978
42e Rue, Circle Drive, p.i., Saskatoon, p.m. 5.7, Warman	CN	R-3123WD	29 juil. 1980
ALBERTA			
Route de comté, Androssan, 249.2, Wainwright, rec., p.i.	CN	R-27984	24 nov. 1978
Aut. 47, Coalspur, 1.04, Mountain Park, p.s.	CN	R-28042	7 déc. 1978
Aut. 16A, Strathcona, 167.2, Willingdon, p.s.	CP	R-28991	24 mai 1979
Aut. 16, Edmonton, 3.84, Edson, p.i. jumelé	CN	R-29198	29 juin 1979
Aut. 16, p.i., 0.09, Silton	CN	R-29199	29 juin 1979
Aut. 13, p.i., Camrose, 48.08, Brooks	CP	R-29318	24 juil. 1979
Aut. 901, Indus, p.s., p.m. 158.13, Brooks	CP	R-30370	11 fév. 1980
COLOMBIE-BRITANNIQUE			
Rue Hastings, rec., p.s., 0.77, Voie Burrard Inlet	BNI	R-28403	20 fév. 1979
64e Av., rec., p.s., 734.06, Secord, p.i.	BNI	R-28426	21 fév. 1979
Athalmer, p.s., 68.7, Windermere	CP	R-28427	24 fév. 1979
Aut. 3A, p.s., 4.12, Boundary	CPL	R-29279	13 juil. 1979

Route ou autoroute	Chemin de fer	Ordonnance	Date
COLOMBIE-BRITANNIQUE (suite)			
Rue Seymour, rec., p.s., 0.2, embranchement Saanich	CN	R-29375	3 août 1979
Rue Vernon, rec., p.s., 0.32, embranchement Saanich	CN	R-29375	3 août 1979
Av. Kingsway, chemin inférieur, 110.10, Cascade, rec., p.i.	CPL	R-30133	19 déc. 1979

POOR

QUALITY

ORIGINAL